

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA

DENOMINACION DE LA ACCION FORMATIVA

XORNADAS DE TRANSPORTE E MANTEMENTO DE VEHICULOS SANTIAGO - SEPTIEMBRE 2012

3. PROCESO TIG



INDICE

1. PRINCIPIOS DEL PROCESO TIG

Descripción y denominaciones

El procedimiento de soldeo por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas) utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que se establece entre un electrodo no consumible la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación cuando se utiliza, se aplica por medio de varillas como en el soldeo oxiacetilénico. La fig.6 muestra esquemáticamente los principios del proceso TIG.

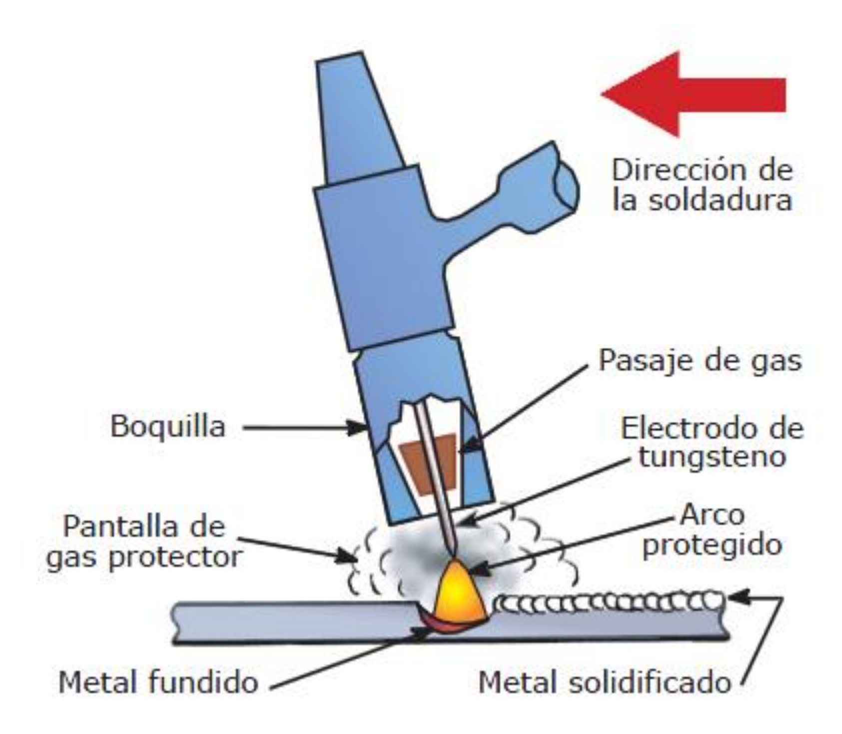


Fig.6: Descripción del proceso TIG

Hay que recordar que wolframio (o volframio) y tungsteno son dos denominaciones para el mismo metal cuyo símbolo en la tabla periódica es W.

El proceso de soldeo TIG también recibe las denominaciones de:

- GTAW, Gas Tungsten Arc Welding (ANSI/AWS A3.0).
- 141, Soldeo por arco con electrodo de volframio y gas inerte (EN 24063).
- Soldeo por arco con electrodo de volframio (UNE 14-100).
- Gas- Shielded Tungsten-Arc Welding (Reino Unido).

2. VENTAJAS Y LIMITACIONES

Ventajas:

• Proceso adecuado para unir la mayoría de los metales.
• Arco estable y concentrado.
• Aunque se trata de un proceso esencialmente manual, se ha automatizado para algunas fabricaciones en serie, como tubería de pequeño espesor soldada longitudinal o helicoidalmente y para la fijación de tubos a placas en intercambiadores de calor.
• No se producen proyecciones (al no existir transporte de metal en el arco).
• No se produce escoria.
• Produce soldaduras lisas y regulares.
• Se puede utilizar con o sin metal de aporte, en función de la aplicación.
• Puede emplearse en todo tipo de uniones y posiciones.
• Alta velocidad de soldeo en espesores por debajo de *3-4* mm.
• Se pueden conseguir soldaduras de gran calidad.
• Permite un control excelente de la penetración en la pasada de raíz
• No requiere el empleo de fuentes de energía excesivamente caras.
• Permite el control independiente de la fuente de energía y del metal de aportación.

Limitaciones del proceso TIG:

• La tasa de deposición es menor que la que se puede conseguir con otros procesos de soldeo por arco (en el soldeo automático esta desventaja se puede solucionar con la técnica de alambre caliente).
• Su aplicación manual exige, en general, gran habilidad por parte del soldador.
• No resulta económico para espesores mayores de 10 mm.
• En presencia de corrientes de aire puede resultar difícil conseguir una protección adecuada de la zona de soldadura.

Aplicaciones

El proceso TIG se puede utilizar para el soldeo de todos los materiales, incluidos el aluminio y el magnesio y los materiales sensibles a la oxidación como el titanio, circonio y sus aleaciones.

Puesto que el proceso posee las virtudes necesarias para conseguir soldaduras de alta calidad y con una elevada pureza metalúrgica, exentas de defectos y buen acabado superficial, es ideal para soldaduras de responsabilidad en la industria del petróleo, química, petroquímica, alimentación, generación de energía, nuclear y aerospacial.

Como su tasa de deposición es baja, no resulta económico para soldar materiales con espesores mayores de 6-8 mm. En estos casos el TIG se utiliza para efectuar la pasada de raíz, empleándose otros procesos de mayor productividad para el resto de las pasadas de relleno.

También se puede utilizar para realizar soldaduras por puntos y por costuras.

3. SELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE

El proceso TIG puede utilizarse tanto con corriente continua como con corriente alterna. La elección de la clase de corriente y polaridad se hará en función del material a soldar. Con el fin de realizar esta elección correctamente, se va a destacar algunos aspectos diferenciales de ambas alternativas;

En la tabla (B) se han resumido los efectos de la polaridad cuando se suelda con corriente continua y los efectos del soldeo con corriente alterna.

Arco con corriente continua

La polaridad recomendada en corriente continua es la directa, ya que si se suelda con polaridad inversa se tienen que utilizar intensidades tan bajas para que no se sobrecaliente el electrodo que resulta impracticable el soldar.

Arco con corriente alterna

La corriente alterna aúna, aunque reducidas, las ventajas de las dos polaridades (ver tabla B): el buen comportamiento durante el semiciclo de polaridad directa y el efecto decapante del baño durante el semiciclo de polaridad inversa, por lo que suele emplearse en el soldeo de aleaciones ligeras, tales como las de aluminio y magnesio.

Tipo de corriente	**Corriente continua**		**Corriente alterna**
Polaridad	Directa	Inversa	
Flujo de electrones e iones			
Aspecto de la penetración			
Acción decapante	No	Sí	Sí. Una vez durante el semiciclo positivo.
Balance calórico (aproximado)	70% en la pieza 30% en el electrodo	30% en la pieza 70% en el electrodo	50% en la pieza 50% en el electrodo
Penetración	Profunda y estrecha	Ancha y menos profunda	Media
Comportamiento del electrodo	Excelente Ej. 400 A: *3,2* mm	Pobre Ej. 30 A; 3,2 mm	Buena Ej. 225 A; 3,2 mm

Tabla (B): Características del soldeo de acuerdo con la corriente seleccionada

Como principales inconvenientes presenta dificultades de cebado y de estabilidad del arco, lo que obliga a incorporar al equipo un generador de alta frecuencia.

Con corriente alterna, el arco se apaga cada vez que el voltaje es nulo, dos veces cada ciclo, ver fig.7(a). Para mejorar la estabilidad la tensión de vacío debe incrementarse. Como ejemplo se requiere una tensión de vacío de 100V con helio como protección. La tensión necesaria puede obtenerse añadiendo al transformador una fuente de alta frecuencia. El voltaje de la fuente de alta frecuencia puede ser del orden de 1000V y con una frecuencia del orden de MHz, ver fig.7(b). La corriente de alta frecuencia puede ser aplicada continuamente, o cada vez que la comente de soldeo pasa por cero. La selección se realiza desde el panel de control del equipo.

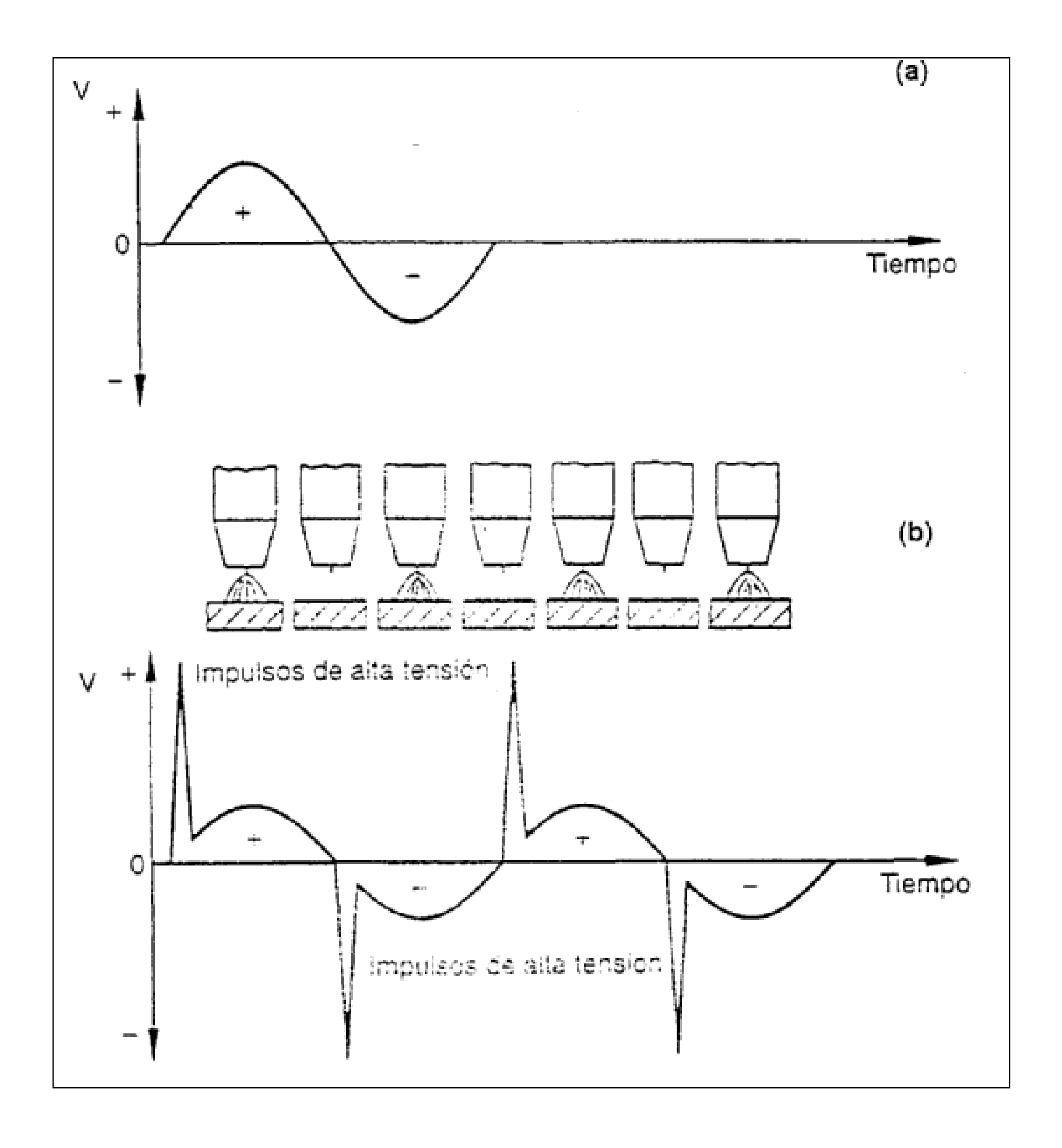


Fig.7: (a) Corriente alterna; (b) Corriente alterna con impulsos de alta frecuencia

4. EQUIPO DE SOLDEO

El equipo básico para el soldeo TIG consiste en una fuente de energía o de alimentación, un porta electrodos, electrodo, cables de soldeo, botellas de gas inerte y mangueras para la conducción del gas. Ver fig.8.

Fuente de energía

La fuente de energía para el soldeo TIG debe presentar una característica descendente (de intensidad constante), para que la corriente de soldeo se vea poco afectada por las variaciones en la longitud del arco.

La fuente de energía debe tener un rango de variación continua de intensidad y una intensidad mínima baja (5-8 A). Lo último es importante para la función "disminución progresiva de intensidad o control de pendiente". Además la fuente de energía debe ser capaz de suministrar una intensidad tan alta como sea requerida por los espesores y el material que se va a soldar. Se da a continuación una indicación de las intensidades requeridas por milímetro de espesor de chapa para diferentes materiales.

Acero de baja aleación 30-40 **A**
Aluminio *45-50* A
Cobre 75-80 A
Acero inoxidable 30-40 A



Fig.8: Instalación de soldeo TIG, con porta electrodos refrigerado con agua y con unidad de alta frecuencia.

Tipos de fuente en corriente alterna

• Transformadores con un control adicional para la unidad de alta frecuencia y la unidad de control de gas.
• Equipo de soldeo TIG con capacidad para corriente alterna y corriente continua.

Se emplea corriente alterna para favorecer el decapado de la capa de óxido en aleaciones de aluminio y magnesio, también se utiliza para el soldeo de materiales de bajo espesor.

Las fuentes de corriente alterna convencionales utilizan una onda sinusoidal (ver fig.7) Simplemente transformando la onda de la red para adecuar los parámetros de intensidad y tensión. El arco con corriente alterna es inestable, por lo que se utilizan diferentes medios para estabilizar el arco durante el soldeo como son: generador de impulsos de alta frecuencia, filtros capacitivos o empleo de fuentes de onda cuadrada.

Las fuentes de onda cuadrada pueden cambiar el sentido de la corriente de soldeo en muy poco tiempo, permitiendo una óptima activación de la semionda positiva y de la negativa consiguiéndose gran estabilidad. Algunas fuentes de onda cuadrada poseen un control de balance de la onda, estas fuentes ajustan el nivel de intensidad que se alcanza en la semionda positiva y en la negativa. Otras fuentes de onda cuadrada ajustan también el tiempo de cada semionda. Las características de la onda cuadrada con control de balance se muestran en la fig.9. Son muy utilizadas en el soldeo del aluminio y sus aleaciones.

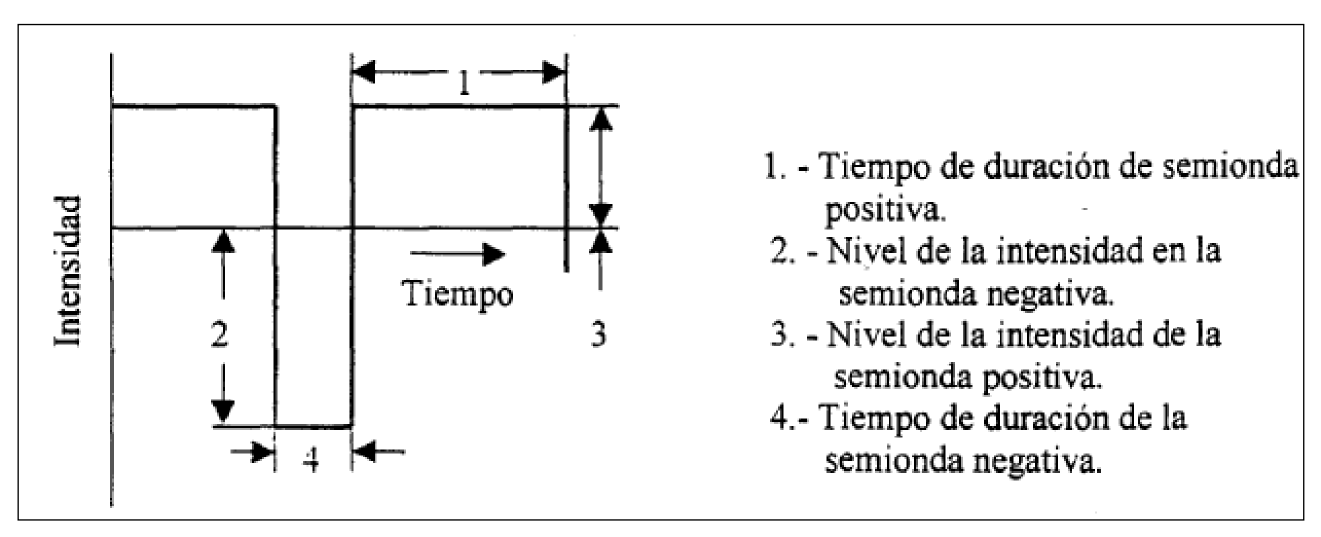
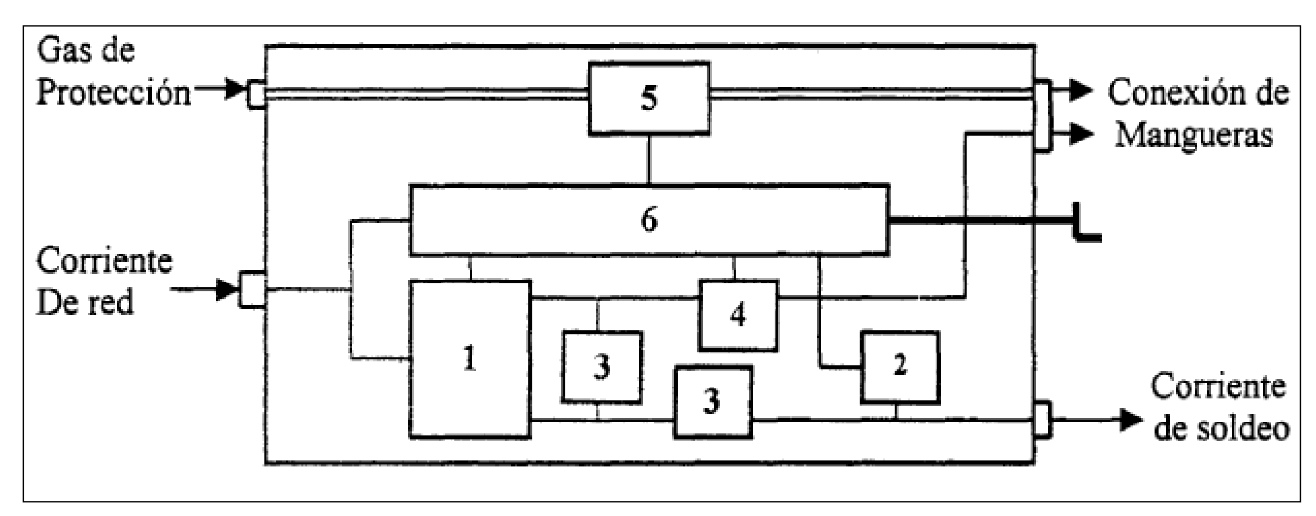


Fig.9: Características de la onda cuadrada para corriente alterna.



En la fig. 10 se pueden ver todos los componentes de una máquina de corriente alterna.

1. Transformador.
Función: Convierte la corriente de la red en corriente adecuada para el soldeo: disminuyendo la tensión de la red e incrementando la intensidad.
***2.* Generador de impulsos de alta frecuencia.**
Función: Genera impulsos de alta frecuencia y elevada intensidad para cebar el arco.
3. Protector.
Protección del transformador contra los impulsos de alta tensión que podrían destruirle.
4. Filtro capacitivo.
Función: Compensación de la diferencia entre las dos mitades de cada onda que pueden provocarse durante el soldeo. (Efecto rectificador).
5. Válvula magnética del gas de soldeo.
Función: Apertura y cierre del gas de protección mediante medios electromagnéticos.
6. Módulo de control.
Funciones: Encendido y apagado de la corriente de soldeo. Regulación de la corriente de soldeo. Control del gas de protección con tiempo ajustable de pre y post flujo.
Ajuste del filtro capacitivo. Y control de otras funciones.

Tipos de fuente de energía para soldeo con corriente continúa

• Equipos ordinarios para trabajar con electrodos revestidos en comente continua, equipados con porta electrodos TIG. Esta es la solución más simple pero tiene sus limitaciones, especialmente al comenzar y terminar la soldadura.
• El mismo que el anterior pero equipado con un control de gas y otras funciones necesarias.
• Rectificador especialmente preparado para el soldeo TIG. La máquina posee una unidad de control de gas, una unidad de alta frecuencia y otras funciones necesarias.

En la fig. 11, se pueden ver todos los componentes de una máquina de corriente continua.

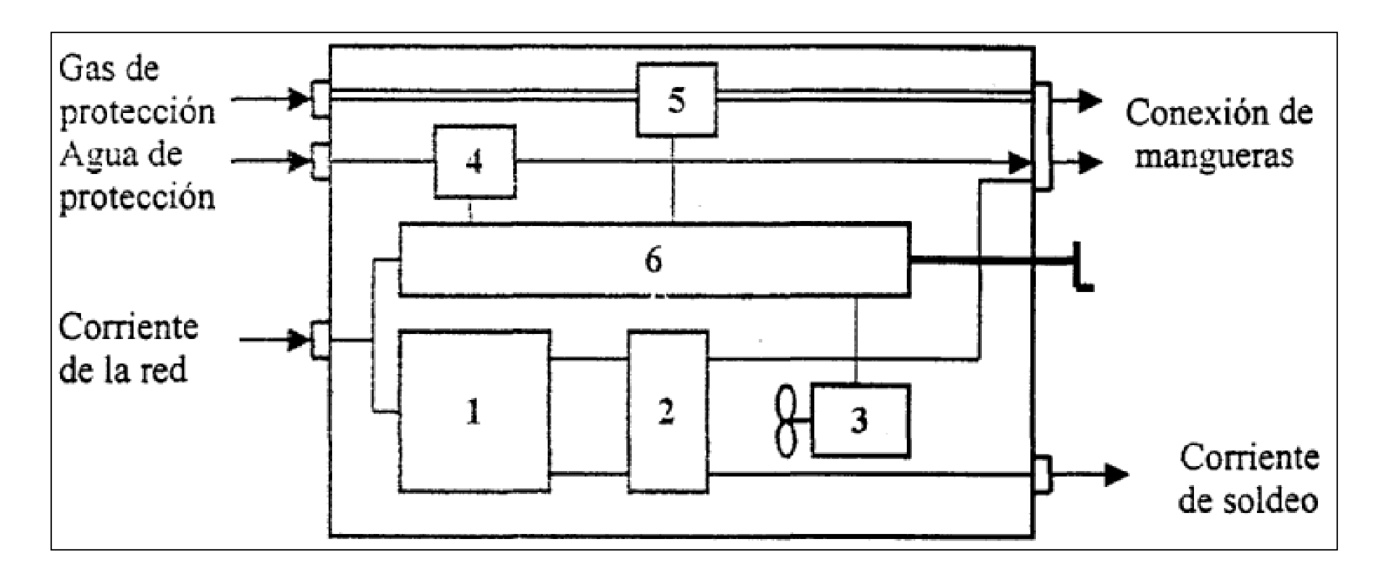


Fig. 11: Componentes del equipo de corriente continúa.

1. Transformador.
Función: Convierte la corriente de a red en corriente adecuada para el soldeo disminuyendo la tensión de la red e incrementando la intensidad.
2. **Rectificador.**
Función: Convertir la corriente alterna en corriente continua.
3. **Ventilador.**
Función: Enfriar el transformador y rectificador para evitar la destrucción por sobrecalentarniento
***4.* Controlador del agua de refrigeración.**
Función: Control de la presión del agua de refrigeración.
5. **Válvula magnética** del gas de soldeo.
Función: Apertura y cierre del gas de protección mediante medios electromagnéticos.
6. Módulo de control.
Funciones: Encendido y apagado de la corriente de soldeo. Regulación de la corriente de soldeo. Control del gas de protección con tiempo ajustable de pre y post flujo. Apagado de la corriente de soldeo en caso de falta de agua. Control de otras funciones.

5. FUNCIONES

Función de control de pendiente (electroslope)

Algunos equipos poseen integrada una función de control de pendiente. Durante la pendiente positiva la corriente se incrementa paulatinamente en el momento de arranque. Esto da al soldador más tiempo para colocar el electrodo en la posición de soldeo. También reduce el riesgo de fusión del electrodo.

La función de pendiente negativa, conocida también como función de llenado del rechupe, permite una reducción gradual de la corriente al final de la soldadura. Esto evita la formación de defectos de soldeo causados por la aparición de rechupes que se podrían formar al final de la soldadura.

Si la máquina de soldeo tiene la función de control de pendiente tendrá 4 mandos de selección, que están indicados en la fig.12 con los números 1, 2, 4 y 5, ya que el 3 de intensidad de soldeo suele estar separado.

Temporización de post-flujo (postflow) y pre-flujo preflow time) de gas de protección

Con objeto de mejorar la protección al inicio y final de la soldadura, se puede seleccionar el tiempo de salida de gas de protección antes de cebar el arco (preflow time), con esto se retira el aire que rodea el material base en la zona de cebado y se crea una atmósfera formada únicamente por gas de protección.

Más importante es la regulación del tiempo de salida de gas de protección después de la extinción del arco (postflow time); con ello se asegura que el material recién depositado esté perfectamente protegido hasta que se enfríe lo suficiente. También se evita la contaminación di electrodo de volframio por oxidación de éste. Se ha representado este temporizador en la fig.12.

Si no existiera esta función será el soldador el que debe dejar salir el gas durante un cierto tiempo antes del inicio y después de la extinción del arco.

Impulsos de alta frecuencia (High Frecuency)

Se utiliza para mejorar la estabilidad del arco en corriente alterna o para facilitar el cebado tanto en cc como en ca. Se ha explicado en el apartado de “selección del tipo de corriente”. Se puede seleccionar, desde el panel de control de la máquina, que actúe continuamente (continuos) o solamente cada vez que la corriente de soldeo pasa por cero (start).

Control del balance de onda (AC balance)

Se puede regular el tiempo de cada semionda cuando se utiliza corriente alterna con onda cuadrada, pudiendo elegirse si se desea que la semionda negativa dure más tiempo, consiguiendo mayor penetración (max penetración) o que la semionda positiva sea más larga, consiguiéndose que el efecto de decapado o limpieza esté más acentuado (max cleaning). Esta función se utilizará, sobre todo, para el soldeo del aluminio y sus aleaciones.

Función pulsatoria

Si se quiere obtener un mayor control sobre el aporte de calor al metal base se puede utilizar TIG con arco pulsado, la explicación se puede ver en el apartado “técnicas especiales”.

Las pulsaciones son variaciones de corriente entre dos valores previamente fijados. En el panel de control de la máquina se selecciona la corriente de fondo

(background), el número de pulsos por segundo (pulses/sec) y el tiempo del pulso muchas veces en porcentaje respecto al ciclo de la onda (% on time).

La función pulsatoria puede estar integrada en la fuente de energía o generada desde la unidad independiente.

Control remoto

Se puede controlar la fuente de energía durante el soldeo con algún tipo de control remoto, por ejemplo activado con el pie. Este control remoto permite disminuir o aumentar gradualmente la intensidad de la corriente donde sea necesario, por ejemplo para el soldeo en posiciones múltiples (HL045).

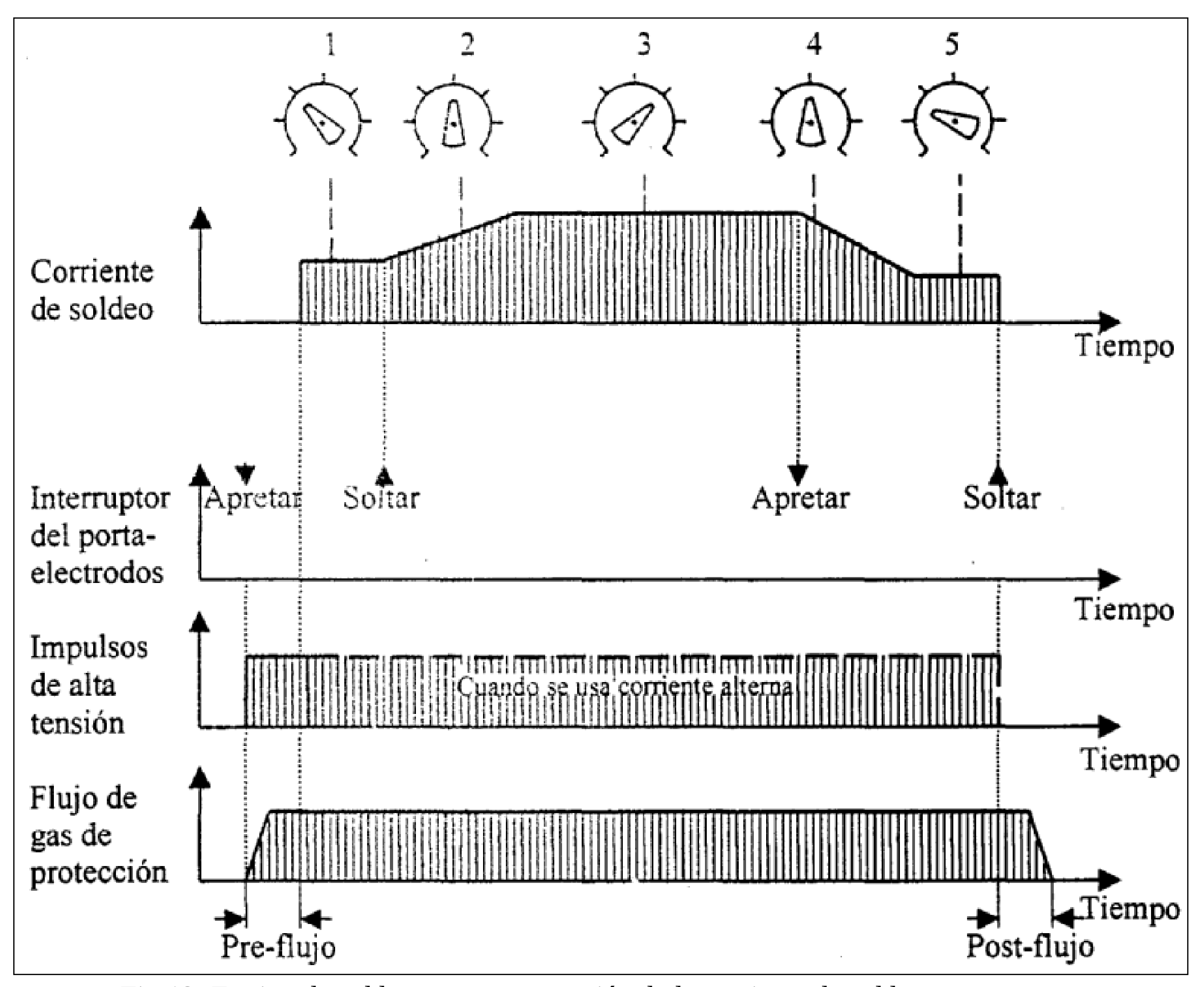
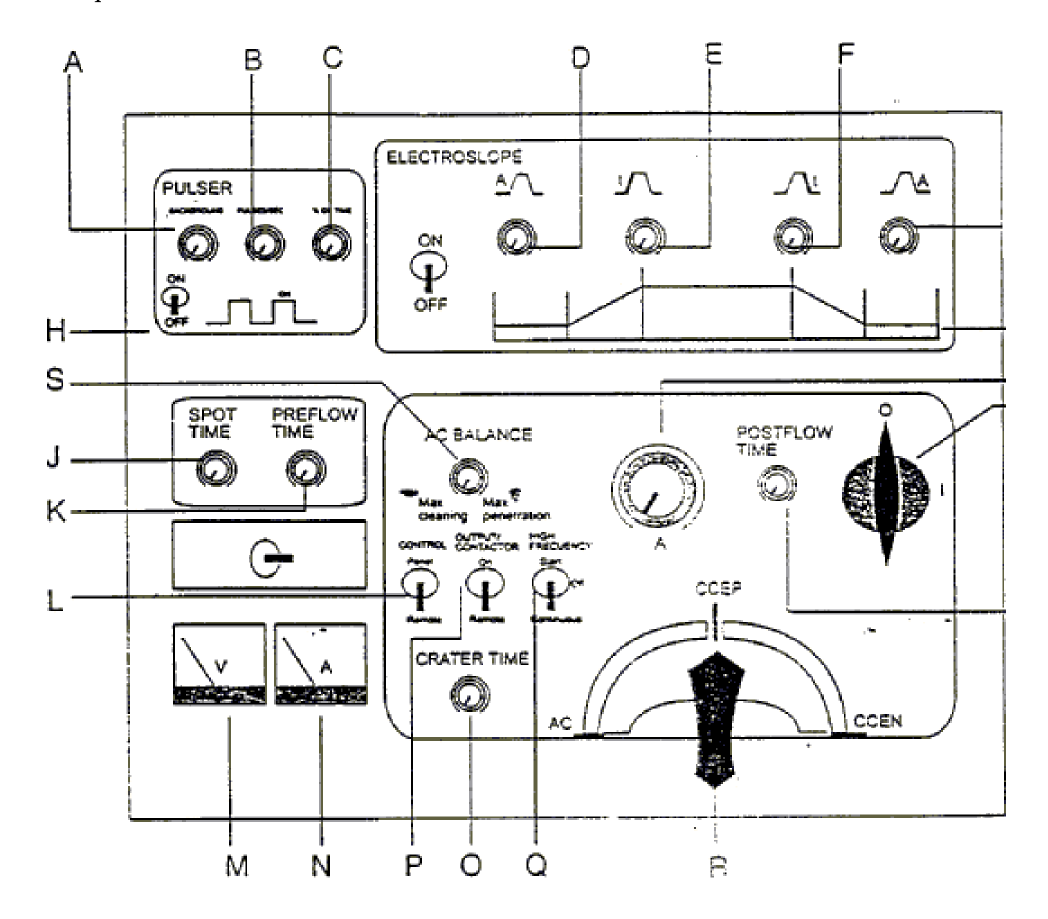


Fig.12: Equipo de soldeo con programación de la corriente de soldeo

1. Intensidad del cebado.
2. Pendiente positiva. Velocidad de aumento de la corriente hasta llegar a la intensidad de extinción de arco.
3. Intensidad de soldeo.
4. Pendiente negativa. Velocidad de la disminución de la corriente hasta llegar a la intensidad de extinción de arco.
5. Corriente de soldeo disminuida. Intensidad de extinción de arco.

En la fig. 13 se representa un panel de control completo que puede encontrarse en una máquina de soldeo.



A: Intensidad de fondo
B: N° de pulsos por segundo
C: Tiempo de pulso
D: Intensidad de cebado de arco
E: Tiempo de aumento de intensidad
F: Tiempo de disminución de la intensidad
G: Intensidad de extinción del arco
H: Corriente pulsada
1: Control de pendiente
J: Control de soldeo por puntos
K: Tiempo de preflujo
L: Control remoto
M: Voltímetro
N: Amperímetro

O: Tiempo de duración de la intensidad de extinción del arco
P: Control de encendido en la pistola (remoto) en la máquina
Q: Alta frecuencia
R: Selección tipo de corriente
S: Control de balance de la onda cuadrada
T: Tiempo de postflujo
U: Interruptor de encendido o apagado
V: Intensidad de encendido

Fig. 13: Panel de control de una máquina TIG.

6. PORTAELECTRODO

La fig. 14 muestra varias configuraciones de los porta electrodos, también denominados “sopletes” en el proceso TIG.

Tienen la misión de conducir la corriente y el gas de protección hasta la zona de soldeo. Pueden ser de refrigeración natural (por aire) o de refrigeración forzada (mediante circulación de agua, como se observa en la fig.8). Los primeros se emplean en el soldeo de espesores finos, que no requieren grandes intensidades, y los de refrigeración forzada se recomiendan para trabajos que exijan intensidades superiores a

los 150-200 amperios. En estos casos la circulación del agua por el interior del porta electrodos evita el sobrecalentamiento del mismo. A partir de 300 amperios en régimen discontinuo es necesario que también la boquilla esté refrigerada por agua.

El electrodo de volframio que transporta la corriente hasta la zona de soldeo se sujeta rígidamente mediante una pinza alojada en el cuerpo del porta electrodos. Cada porta electrodos dispone de un juego de pinzas, de distintos tamaños, que permiten la sujeción de electrodos de diferentes diámetros.

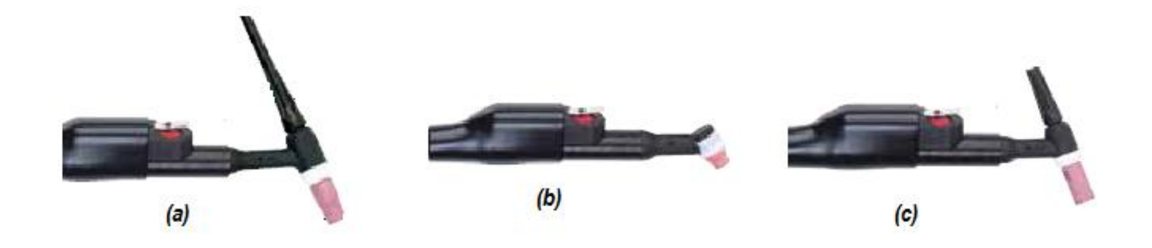


Fig. 14: Configuraciones del porta electrodos TIG (a) Normal; (b) Recta; (c) Corta

El gas de protección llega hasta la zona de soldeo a través de una tobera de material cerámico, sujeta en la cabeza del porta electrodos. **La tobera** tiene la misión de dirigir y distribuir el gas protector sobre la zona de soldeo. A fin de acomodarse a distintas exigencias de consumo, cada porta electrodos va equipado con un juego de toberas de diferentes diámetros.

Hay que tener en cuenta que el electrodo de volframio debe estar perfectamente centrado dentro de la tobera para que el chorro de gas inerte proteja bien el baño de fusión y, también, en caso de tobera de cobre, no se produzca el arco doble, esto es, que el arco salte primero entre el electrodo y la tobera y después continúe entre ésta y el metal base. En la fig. 15 se da un esquema de un porta electrodo seccionado.

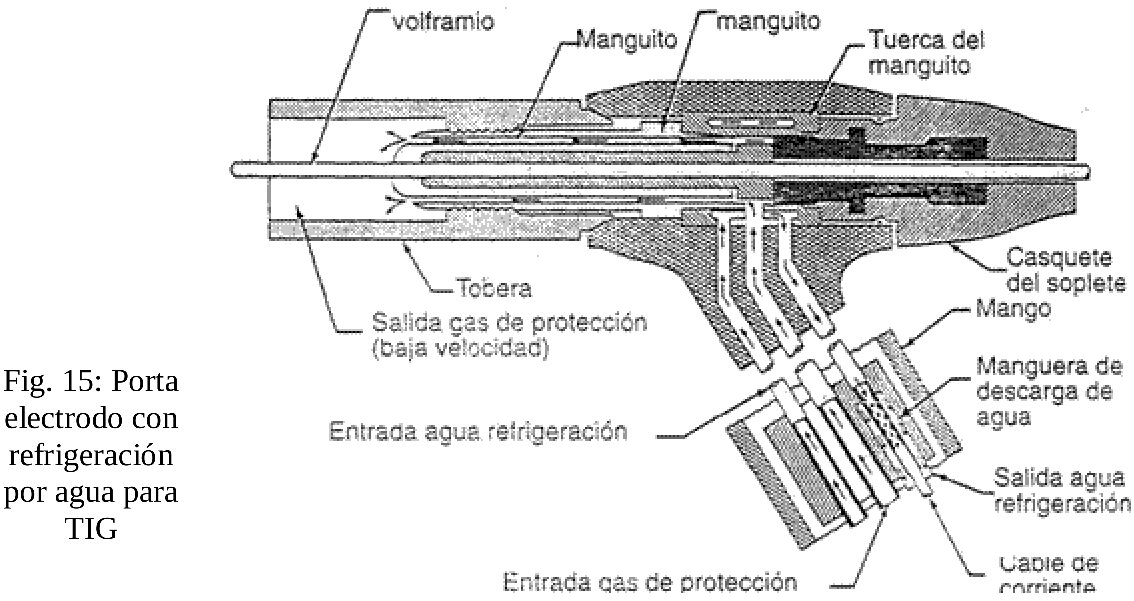


Fig. 15: Porta electrodo con refrigeración por agua para TIG

7. ELECTRODOS NO CONSUMIBLES

La misión del electrodo en este proceso es únicamente la de mantener el arco sin aportar material al baño de fusión. Por este motivo y para evitar su desgaste, es muy importante que posea una alta temperatura de fusión. Esta es la razón por la que, cuando se emplea c.c., el electrodo se suele conectar al polo negativo, pues el calor generado en el extremo es inferior y permanece más frío que si se conectase al polo positivo.

En general, se emplean tres tipos diferentes de electrodos, que se clasifican en función de su composición en:

- Volframio puro.
- Volframio aleado con tono.
- Volframio aleado con circonio.

Al principio los electrodos fueron de volframio puro, pero posteriormente se pudo comprobar que al añadir a este metal óxidos de tono o de circonio aumenta la emisividad, incrementándose el flujo de electrones, favoreciéndose el encendido y reencendido del arco y, como consecuencia, su estabilidad.

Además, estos elementos permiten utilizar mayores intensidades de corriente, pues elevan el punto de utilización del electrodo. De esta forma se evita el fenómeno de desgaste del electrodo de volframio puro que, adicionalmente, contaminaría el baño de fusión.

Los diámetros disponibles son: 1; 1,6; 2; 2,4; 3,2; 4; 4,8; 5 y 6,4 mm, siendo los más empleados los señalados en negrita. La longitud estándar de los electrodos es de 150 mm.

7.1 SIMBOLOGIA

La siguiente información ha sido obtenida de la Norma UNE 14-208-92/EN 26848 y de la Norma AWS-A5. 12.

La simbolización de los electrodos de volframio se basa en su composición según las indicaciones que figuran en la tabla (C), la primera letra caracteriza el componente principal, volframio. La segunda representa las adiciones de óxido, la letra elegida es la inicial del elemento que forma el óxido adicionado, el número corresponde al contenido medio de óxido multiplicado por diez.

Los electrodos deben marcarse de acuerdo con la tabla, según su composición, con un anillo en el caso de los electrodos normales y con dos anillos en el caso de electrodos compuestos, el color del anillo será el indicado en la tabla y se situarán en uno de los extremos del electrodo. El ancho de cada anillo será igual o superior a 3 mm.

Símbolo	Composición			Color de identificación (2)	Equivalencia con la simbolización AWS (3)
	Oxido adicionado (1)		Contenido de volframio mínimo		
	Naturaleza del óxido adicionado	%			
WP	--	--	99,8	Verde	EWP
WT4	ThO_2	0,35 a 0,55	Resto	Azul	EWTh-3
WT10	ThO_2	0,80 a 1,20	Resto	Amarillo	EWTh-1
WT20	ThO_2	1,70 a 2,20	Resto	Rojo	EWTh-2
WT30	ThO_2	2,80 a 3,20	Resto	Violeta	
WT40	ThO_2	3,80 a 4,20	Resto	Naranja	
WZ3	ZrO_2	0,15 a 0,50	Resto	Marrón	EWZr-1
WZ8	ZrO_2	0,70 a 0,90	Resto	Blanco	
WL10	LaO_2	0,90 a 1,20	Resto	Negro	EWLa-1
WL20	CeO_2	1,80 a 2,20	Resto	Gris	EWCe-2 (Naranja)

Los óxidos adicionados en general están finamente dispersos en la matriz de volframio, pero existen electrodos llamados compuestos que están formados por un alma de volframio puro con un revestimiento exterior de óxido. Estos electrodos aúnan las cualidades del wolframio puro con las del volframio con adición de óxidos pero tiene el inconveniente de que no pueden tallarse los extremos cuando se precise.

(1) Los electrodos compuestos se identifican con un segundo anillo de color rosa.

(2) Se ha indicado la simbolización según AWS de los electrodos más usuales, el electrodo también está representado por una franja del mismo color y el porcentaje de óxido medio es el mismo.

Tabla (C): Simbolización de acuerdo con UNE/EN y AWS de los electrodos de volframio

7.2 Tipos

Volframio puro

Compuesto de volframio puro, cuyo punto de fusión es de 3.400 °C aproximadamente
Es necesario que el extremo de electrodo sea redondeado.

Se utiliza fundamentalmente con corriente alterna en el soldeo del aluminio y sus aleaciones, ya que con corriente alterna los electrodos de volframio puro mantienen la punta de electrodo en buenas condiciones y esto permite una buena estabilidad del arco. Pueden utilizarse con corriente continua pero los electrodos de volframio puro no tienen facilidad de cebado ni la estabilidad de los electrodos con tono en corriente continua.

Volframio aleado con torio

El punto de fusión de esta aleación es de 4.000 °C aproximadamente. Es necesario que el extremo del electrodo sea afilado.

Se utiliza en el soldeo con **corriente continua** (c.c.) de aceros al carbono, baja aleación, inoxidables, cobre, titanio, etc.: no se suelen utilizar en corriente alterna porque es difícil mantener la punta del electrodo en la forma adecuada con este tipo de corriente.
El precio de estos electrodos resulta de un 10 a un ***15%*** superior a los de volframio puro.
El contenido de tono conlleva a una mayor emisividad (incremento del flujo de electrones), mejor cebado, mayor resistencia a la contaminación y proporciona un arco más estable.
Electrodos de volframio con óxidos de cerio o de lantano se pueden utilizar en los mismos casos que los electrodos con tono, con la ventaja de que ni el cerio ni el lantano son radiactivos mientras que el tono silo es.

Volframio aleado con circonio

El punto de fusión de esta aleación es de 3.800 °C aproximadamente. Tiene unas características intermedias entre los electrodos de volframio puro y los de volframio con tono.

Se utilizan con **corriente alterna (c.a.)** y **corriente continua** (c.c.), pero son más usuales en corriente alterna ya que combinan las características de estabilidad del arco y punta adecuada típicas de los electrodos de volframio puro, con la facilidad de cebado y la permisibilidad de mayores intensidades de los electrodos aleados con tono. Se utiliza en el soldeo de materiales ligeros como aluminio y magnesio.

7.3 ACABADO DEL EXTREMO

La forma del extremo del electrodo es muy importante pues, si no es la correcta, existe el riesgo de que el arco eléctrico sea inestable. En la fig. 16 se muestra diferentes acabados del extremo del electrodo, indicándose las características peculiares de cada tipo. En general, es preferible seleccionar un electrodo tan fino como sea posible, con objeto de concentrar el arco y obtener de este modo un baño de fusión reducido.

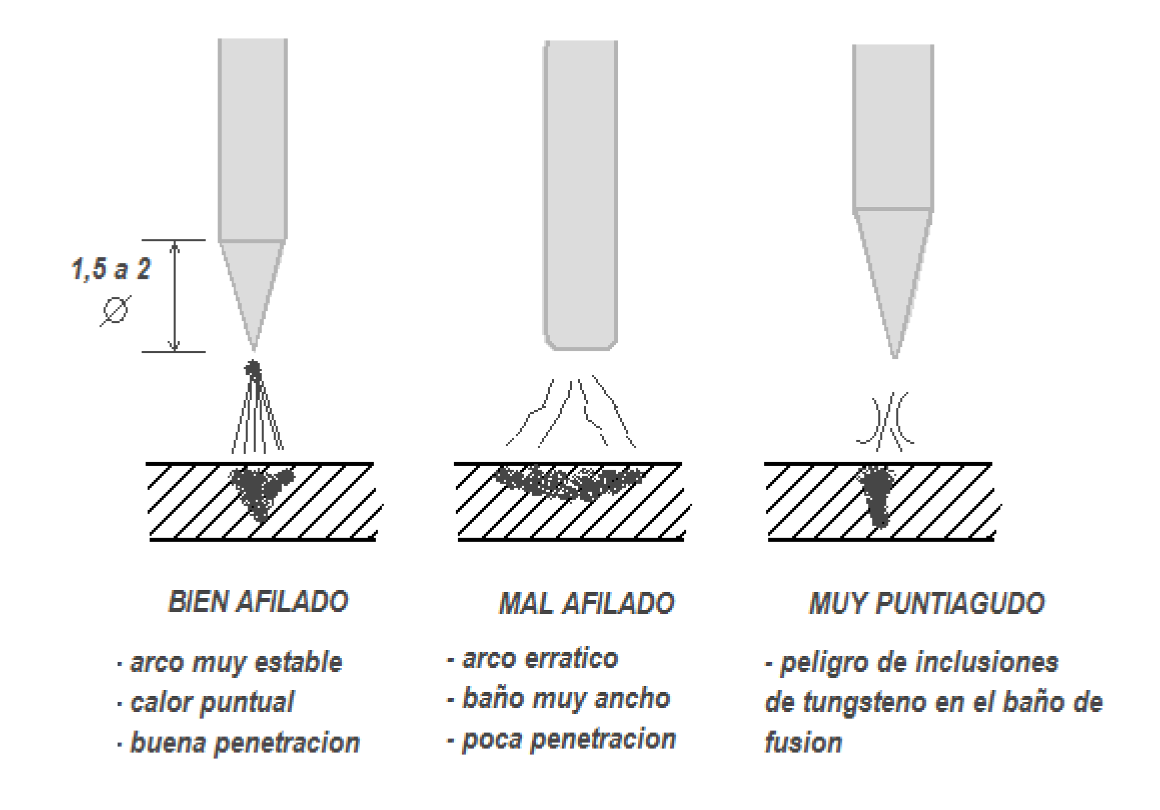


Fig. 16: Formas de acabados de la punta del electrodo

En la figura inferior se muestran diferentes geometrías de la punta del electrodo:

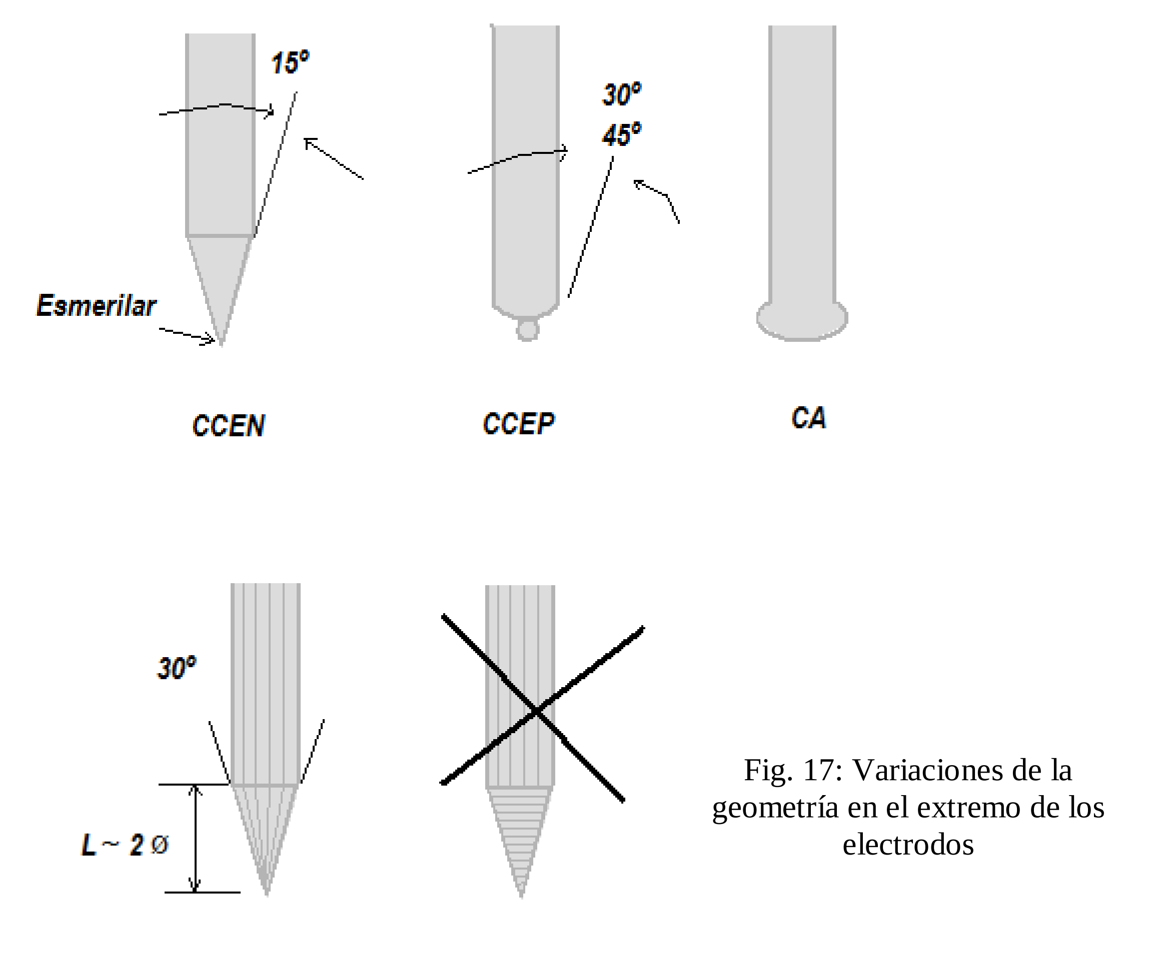


Fig. 17: Variaciones de la geometría en el extremo de los electrodos

Los electrodos para soldeo con corriente continua deben tener punta. Es importante que el amolado se efectúe correctamente, éste debe hacerse en la dirección longitudinal del electrodo. Una longitud correcta de la punta del electrodo es dos veces el diámetro de éste. El extremo puntiagudo en exceso del electrodo debe ser eliminado con la piedra de amolar.

Cuando se utiliza el amolado para conseguir la geometría adecuada del electrodo, deberá realizarse con una rueda o cinta abrasiva de grano fino y que ***sólo*** se utilice para la preparación de electrodos de volframio, evitándose de esta forma su contaminación.

En el soldeo con corriente alterna el extremo de la punta debe estar ligeramente redondeado. La punta se redondea por sí sola si el electrodo es cuidadosamente sobrecargado, haciéndose innecesario amolarla.

Se puede conformar la punta adecuada del electrodo para corriente alterna, cebando antes del soldeo un arco sobre una placa de cobre refrigerada por agua empleando corriente continua polaridad inversa, cuando el electrodo empieza a fundirse se redondea su punta quedando con una geometría óptima para el soldeo en corriente alterna, ver fig. 19.

La tabla (D), resume el tipo de corriente a utilizar, la geometría del extremo y la aplicación de los diferentes electrodos de volframio.

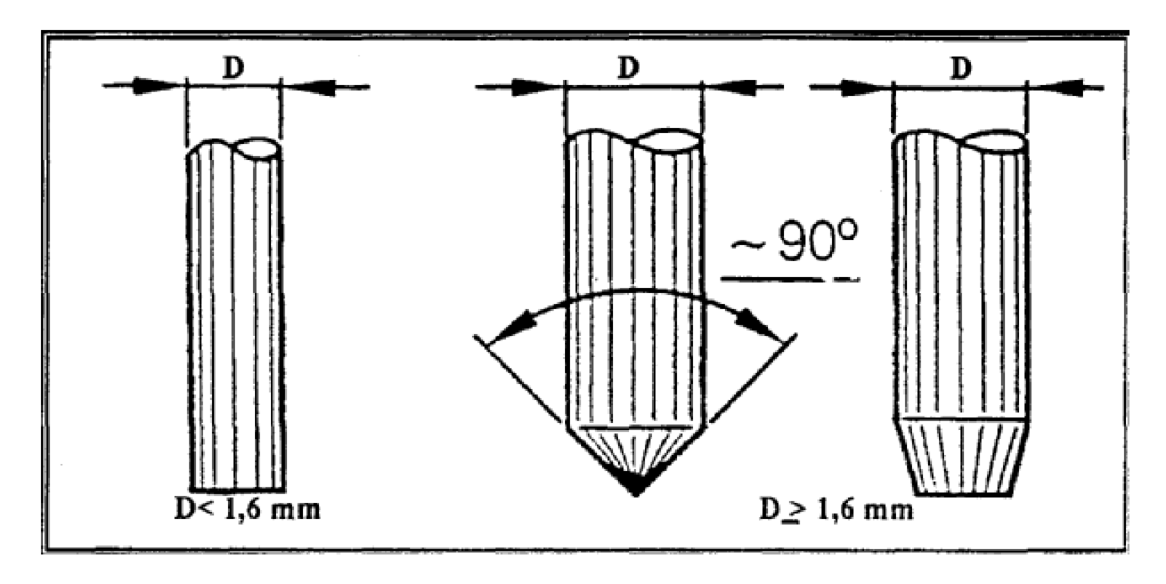


Fig.19: Preparación aconsejable de la punta del electrodo para soldeo con corriente alterna

Tipo de electrodo	Tipo de corriente con la que se utiliza	Aplicación común	Geometría del extremo del electrodo
Volframio puro	c.a.	Aluminio y magnesio	Redondeada
Volframio con torio o Volframio con cerio o con lantalo	c.c.	Aceros al carbono, baja aleación, inoxidable, cobre, titanio	Afilado
Volframio con circonio	c.a. (generalmente) c.c.	Aluminio y magnesio con c.a. Aceros, cobre ,titanio con c.c.	Redondeada con c.a. Afilada con c.c.

Tabla (D): Electrodos de volframio. Geometría, tipo de corriente y aplicaciones

7.4 CONTAMINACION DEL ELECTRODO

En la tabla (E) se resumen las causas que pueden provocar la contaminación y sus soluciones.

Tipo de contaminación del electrodo	Causa de la contaminación	Soluciones
Por el metal de soldadura o el metal de aportación fundidos	Contacto entre el electrodo y la varilla durante el soldeo, o al introducir el electrodo en el baño de fusión	Utilizar una buena técnica de soldeo evitando este tipo e contacto.
Por aire	Longitud libre del electrodo de volframio fuera de la boquilla demasiado larga.	Utilizar una longitud máxima del electrodo igual al diámetro de la boquilla
	Caudal de gas de protección insuficiente	No utilizar menos caudal que el recomendado
	Tiempo de salida de postflujo de gas de protección insuficiente.	El tiempo de postflujo deberá ser el suficiente para permitir que el electrodo se enfríe
Por agua	Fugas en la refrigeración	Eliminar las fugas
	Condensación del agua atmosférica en la tobera	Utilizar agua templada

8. INTENSIDADES ADMISIBLES

En la tabla (F) se indican las intensidades admisibles en función del tipo de corriente y del diámetro del electrodo.

Si la intensidad de corriente es baja para el diámetro del electrodo, el arco es errático e inestable. Si, por el contrario, la intensidad de corriente es demasiado elevada, se produce un calentamiento excesivo con fusión del electrodo y pueden caer gotas de volframio en la soldadura. El arco se vuelve inestable.

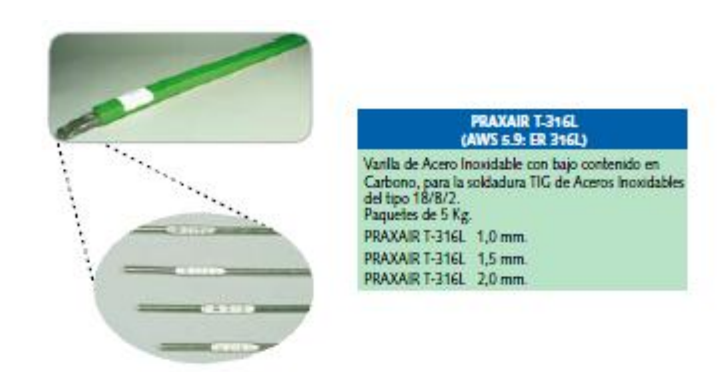
Diámetro del electrodo (mm)	Corriente continua (A)				Corriente alterna (A)	
	Electrodo negativo (-)		Electrodo positivo (+)		Volframio puro	Volframio con óxidos
	Volframio puro	Volframio con óxidos	Volframio puro	Volframio con óxidos		
1,6	40 a 130	60 a 150	10 a 20	10 a 20	45 a 90	60 a 125
2	75 a 180	100 a 200	15 a 25	15 a 25	65 a 125	85 a 160
2,5	130 a 230	170 a 250	17 a 30	17 a 30	80 a 140	120 a 210
3,2	160 a 310	225 a 330	20 a 35	20 a 35	150 a 190	150 a 250

Tabla (F): Intensidades admisibles para cada electrodo

9. METALES DE APORTACIÓN

Varillas

El metal de aportación en el soldeo TIG no es siempre necesario cuando se sueldan piezas delgadas (de menos, de 3 mm de espesor) utilizando una preparación de bordes recta o con bordes levantados. Cuando es necesario emplear material de aportación, éste puede alimentarse manual o automáticamente.



Con la finalidad de obtener uniones sin defectos, es muy importante que el metal de aportación se mantenga libre de contaminaciones ya sea en forma de humedad, polvo o suciedad. Debe por tanto mantenerse en su paquete hasta el momento de ser utilizado. Durante el soldeo es importante que la parte caliente de la varilla esté siempre lo suficientemente cerca del baño de fusión como para que lo cubra el gas de protección.

Puesto que el TIG es un proceso que no produce escorias y que se realiza en una atmósfera inerte que no provoca reacciones en el baño, el material de aportación, cuando se utilice, deberá tener básicamente una composición química similar a la del material base.

Normalmente, se presentan en formas de varillas de distintos diámetros: 1,1; 1,6; 2; 2,4; *3,2;* 4 y 4,8 mm, con una longitud de 900 mm.

Insertos consumibles

Los insertos consumibles se utilizan para las pasadas de raíz realizadas desde un solo lado, donde se requiera alta calidad de la soldadura con el mínimo de reparaciones, así como cuando el soldeo se deba realizar en zonas de difícil accesibilidad. Son muy empleados en tubería para asegurar la penetración, aunque también se emplean en depósitos a presión y en estructuras.

El diseño de la unión deberá ser compatible con la forma del inserto para conseguir soldaduras de alta calidad.

En la fig.20 se indican las formas de los insertos consumibles más comunes y su disposición.

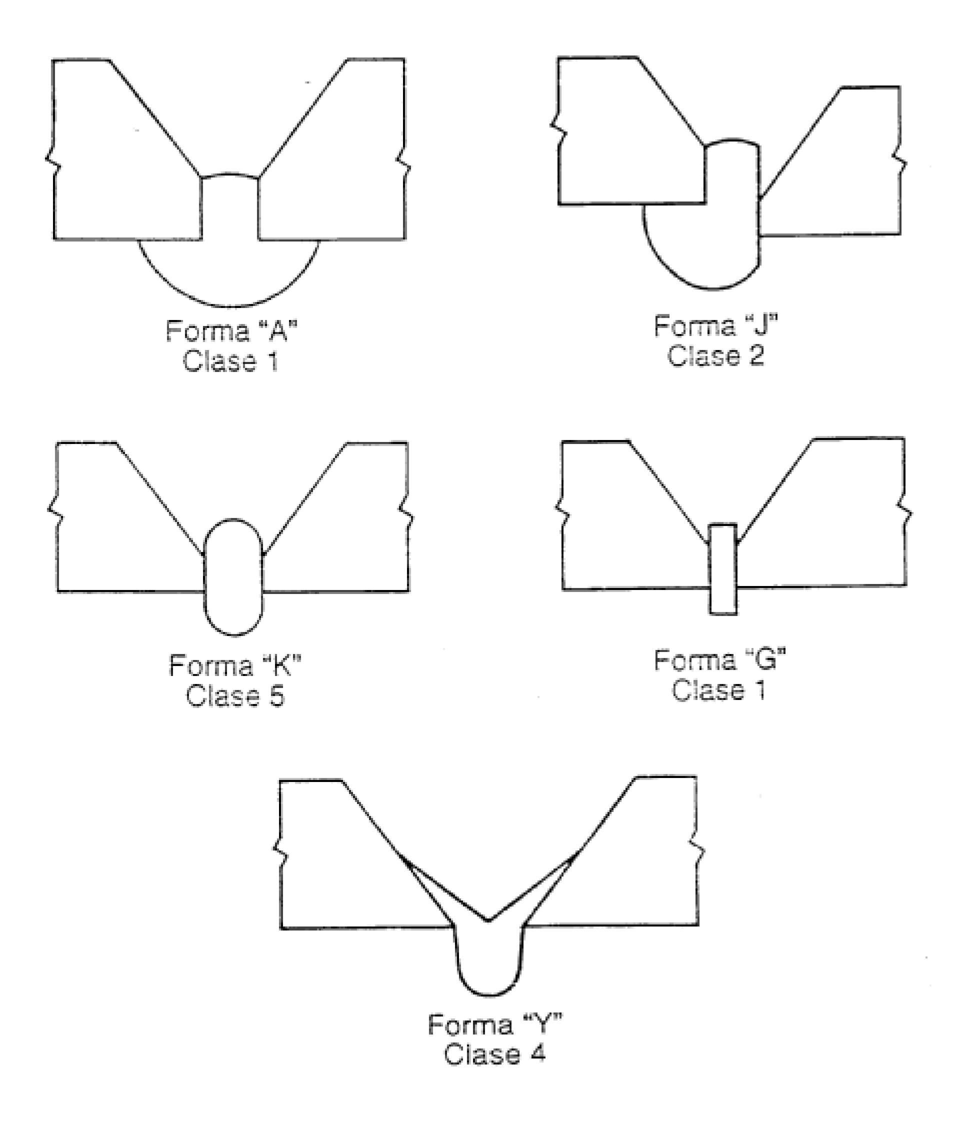


Fig. 20: Insertos consumibles más comunes

Los insertos de tipo K ó G se disponen de *forma* excéntrica (ver fig. 21) para el soldeo en posición *5G* (ASME) o PF (EN), eje de la tubería en posición horizontal sin girar,

para compensar la tendencia del metal de soldadura a descolgarse, cuando se suelda en vertical ascendente.

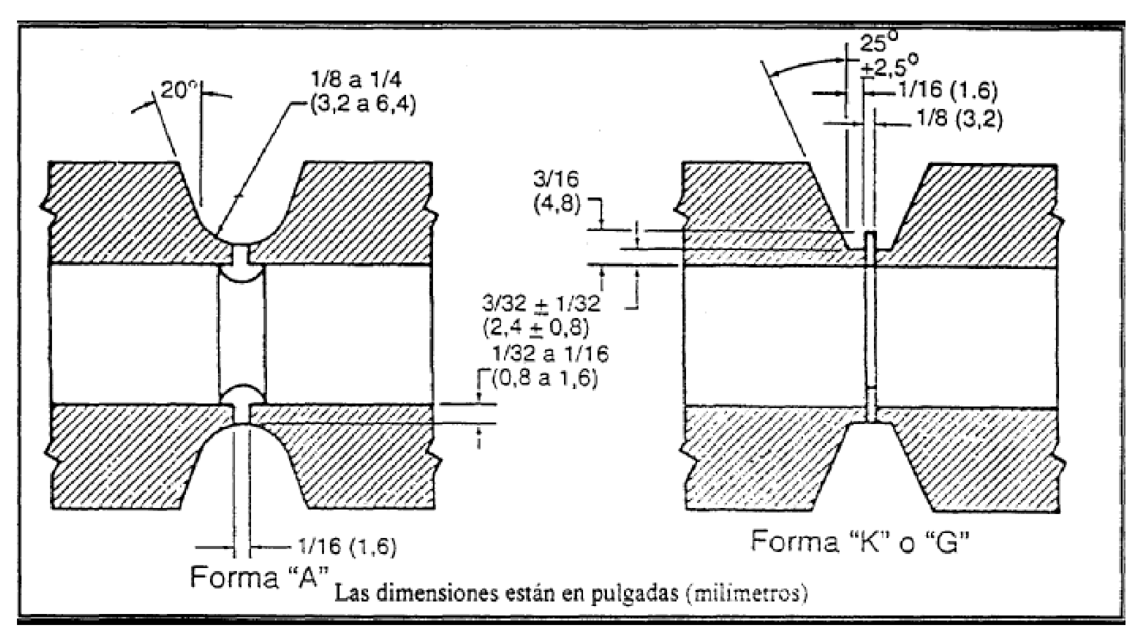


Fig.21: Disposición típica de insertos consumibles en tubería

1. Situar el inserto en forma de anillo al final de la tubería que ha sido previamente preparada.	2. Se puntea el inserto con TIG, espaciando los puntos de forma homogénea.	3. Si se utiliza un inserto solapado se cortará el sobrante del inserto. Los extremos del inserto no estarán separados más de 0,8 mm.	4. si se utiliza un inserto abierto en uno de los puntos se dispondrá sirviendo como unión de los extremos del inserto.
5. Se sitúa la otra parte de la tubería bien alineada.	6. Puntear el otro tubo.	Disponer el gas de respaldo (cuando sea requerido) y realizar la soldadura.	Soldadura completa 8. Completar la unión con TIG o FCAW, MIG/MAG o electrodo revestido. Mantener el gas de respaldo (cuando exista) hasta completar las 2 ó 3 primeras pasadas.

Fig. 22: pasos a seguir para soldar tubería con insertos clase 1,2,3 y 5

Los insertos consumibles se sitúan en la. unión como indican las figuras 20, 21 y 22. Se puntea la unión con los bordes alineados y teniendo cuidado para evitar sobretensionar los bordes de la unión. Se conseguirá una raíz sana si se sitúan los puntos en los lugares adecuados, si el soldador maneja con habilidad la pistola TIG y se ha seleccionado bien el gas de respaldo en caso de necesitarse, por ejemplo en los aceros inoxidables. En la *fig.22* se representan los pasos a seguir para realizar el soldeo en tubería con insertos consumibles.

10. GASES DE PROTECCIÓN

Para el soldeo TIG se utilizarán los siguientes gases:

- Helio
- Argón
- Argán ± Helio
- Argón + Hidrógeno
- Argán + Hidrógeno +Helio

Normalmente se suelen utilizar de 7 a 16 L/min. para el argon y de 14 a 24 L/min. para el helio. El empleo excesivo de gas de protección produce turbulencias y favorece la entrada de aire de la atmósfera contaminando la soldadura. La presión de trabajo adecuada debe ser de 2 a *3* bar que es lo mismo que de 2 a 3 Kg/cm^2.

11. TÉCNICAS OPERATIVAS. PREPARACIÓN DE LA UNIÓN

El diseño de la unión adecuada es lo que permite que el soldeo sea cómodo para el soldador y tiene como primera finalidad facilitar una accesibilidad adecuada. Deberá permitir que el arco, el metal de aporte y el gas de protección lleguen a la zona inferior de la unión. La elección de la geometría de la unión depende del tipo de material base y el espesor.

En las soldaduras TIG se pueden encontrar imperfecciones debidas a la elección de una técnica de preparación de bordes no adecuada.

Por esta razón las piedras de esmerilar deben limpiarse cuidadosamente y utilizarse únicamente para tareas de soldeo, sin mezclar las piedras de los diferentes materiales.
La preparación de bordes ideal se consigue mediante el empleo de máquinas herramientas (torno, fresadoras) pero en este caso se deberán eliminar los restos del fluido de corte que pudiesen quedar después del mecanizado.

Si se preparan los bordes mediante oxicorte o por plasma se deberán retirar los óxidos y escorias, por ejemplo mediante esmerilado.

Tolerancias de la unión

Si las soldaduras se van a efectuar de forma mecanizada las dimensiones de las piezas deben ser muy exactas. El soldeo manual permite que la preparación de bordes sea más irregular.

Limpieza

Es muy importante en el soldeo TIG cuidar la limpieza del material base y del de aportación. Ambos materiales deben estar exentos de aceite, grasa, pintura y cualquier residuo. Se preferirá por este motivo que los materiales de aportación se conserven en sus embalajes.

12. CEBADO DEL ARCO

CEBADO POR RASPADO

Es el método más sencillo de cebado de arco , consiste en raspar el electrodo, muy cuidadosamente, contra el metal base. Sin embargo, el riesgo de inclusiones de volframio en el metal base es alto, para evitar esto el arco puede ser cebado en una placa adicional de cobre, conocida como pieza de arranque. Otra desventaja del cebado por raspado es la facilidad con que puede dañarse el electrodo. Una vez cebado el arco, retirar el electrodo hasta que quede a unos *3* mm de la pieza, ver *fig.23.*

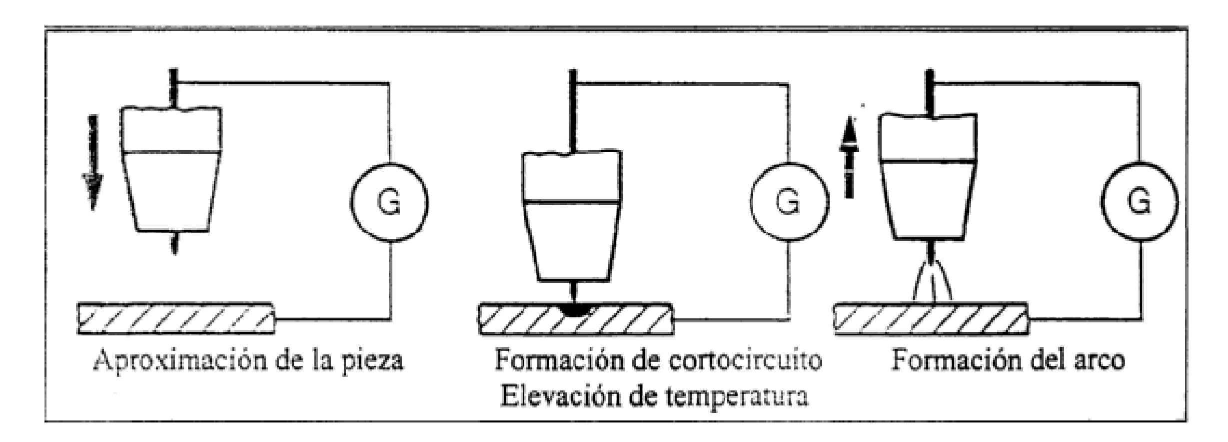
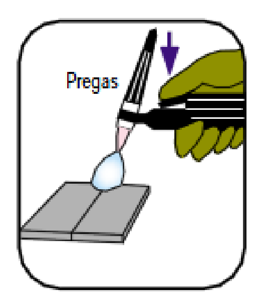


Fig.23: Cebado del arco por raspado. G = Fuente de alimentación

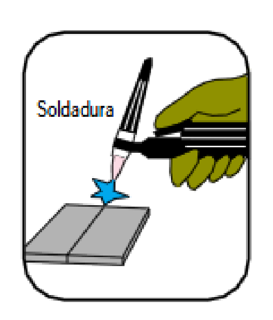
CEBADO POR ALTA FRECUENCIA

Para evitar los inconvenientes del cebado por raspado se utiliza una corriente de alta frecuencia elevada tensión. Este método es el utilizado en corriente alterna y algunas veces con corriente continua.

Por tanto, cuando se utiliza corriente alterna no es necesario tocar con el electrodo sobre la pieza para establecer el arco, sino poner bajo tensión el circuito de soldeo y sujetar el porta electrodos, de forma que el electrodo quede aproximadamente horizontal y a unos 50 mm de la pieza. A continuación, mediante un giro de muñeca, aproximar el extremo del electrodo a la pieza, hasta que quede a unos 2 ó 3 mm de la misma. En este punto, la corriente de alta frecuencia vence la resistencia del aire y se establece el arco. El movimiento de aproximación del electrodo debe realizarse rápidamente, para conseguir que llegue el máximo caudal de gas de protección a la zona de soldeo. Ver *fig.24.*







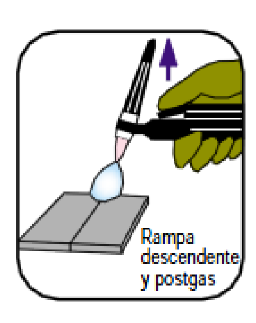


Fig.24: Cebado de arco por corriente de alta frecuencia.
G = Fuente de alimentación. 1 = Generador de impulsos de alta frecuencia

Para extinguir el arco, tanto con en corriente alterna como en corriente continua, basta con retirar el electrodo hasta la posición horizontal mediante un rápido movimiento de muñeca. Este movimiento debe realizarse rápidamente a fin de evitar deterioros en la superficie de la soldadura.

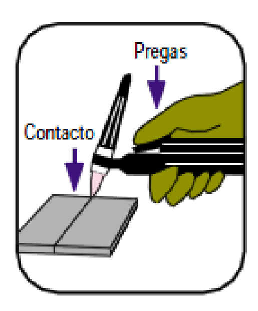
El inconveniente de las corrientes de alta frecuencia es la distorsión que producen en las comunicaciones.

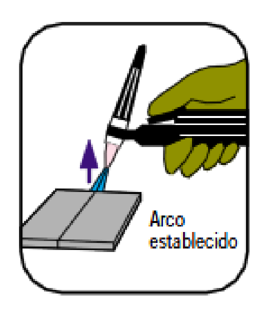
Algunos equipos llevan instalado un dispositivo que se acciona por medio de un pedal, y que permite disminuir gradualmente la intensidad de la corriente al acercarse al final de la soldadura (función de control de pendiente). Este dispositivo disminuye el tamaño del cráter y se opone a la fisuración del mismo. En otros equipos el accionamiento de esta función se realiza directamente desde el porta electrodos.

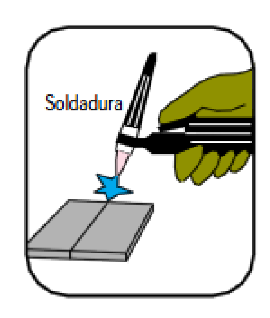
Si se utiliza un porta electrodos con refrigeración por agua, debe evitarse el tocar con la tobera sobre la pieza cuando está circulando la corriente. Los gases calientes en el interior de la tobera pueden provocar el establecimiento del arco entre el electrodo y la tobera, con el consiguiente deterioro de la misma.

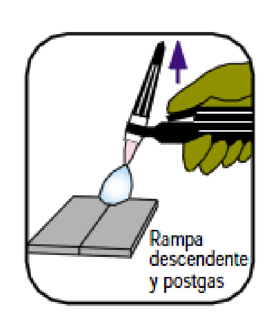
<u>SISTEMA DE CEBADO PAC</u>

Sistema que consiste en el cebado del arco eléctrico desde el momento en que la torcha se eleva después de que se haya establecido un contacto entre la pieza y el electrodo de tungsteno. Este modo es especialmente útil cuando se trabaja en entornos sensibles a las interferencias de alta frecuencia.









13. TÉCNICAS DE SOLDEO

13.1MANUAL

La fig.25 indica la técnica que se debe seguir para iniciar y efectuar el soldeo. Una vez cebado el arco, se realizará un movimiento circular con el electrodo hasta formar el baño de fusión, ver fig.25 (a), pasando después a un movimiento rectilíneo.

• La inclinación del porta electrodo será contraria al sentido de avance, formando un ángulo de 75° con la dirección de avance, o lo que es lo mismo un ángulo de 15° respecto a la vertical, ver fig.25 (b).

• La varilla formará un ángulo de aproximadamente 150 en sentido de avance, ver fig.25 (c).

• La varilla de aportación se introducirá en el baño de fusión con un movimiento de vaivén de recorrido máximo 6 mm. Sin que salga nunca la punta en estado incandescente del área de protección del gas, ver fig.25 (d).

• Tanto al finalizar como al interrumpir el cordón de soldadura, se continuará protegiendo el baño de fusión, para lo cual no debe retirarse el soplete hasta la total solidificación del baño.

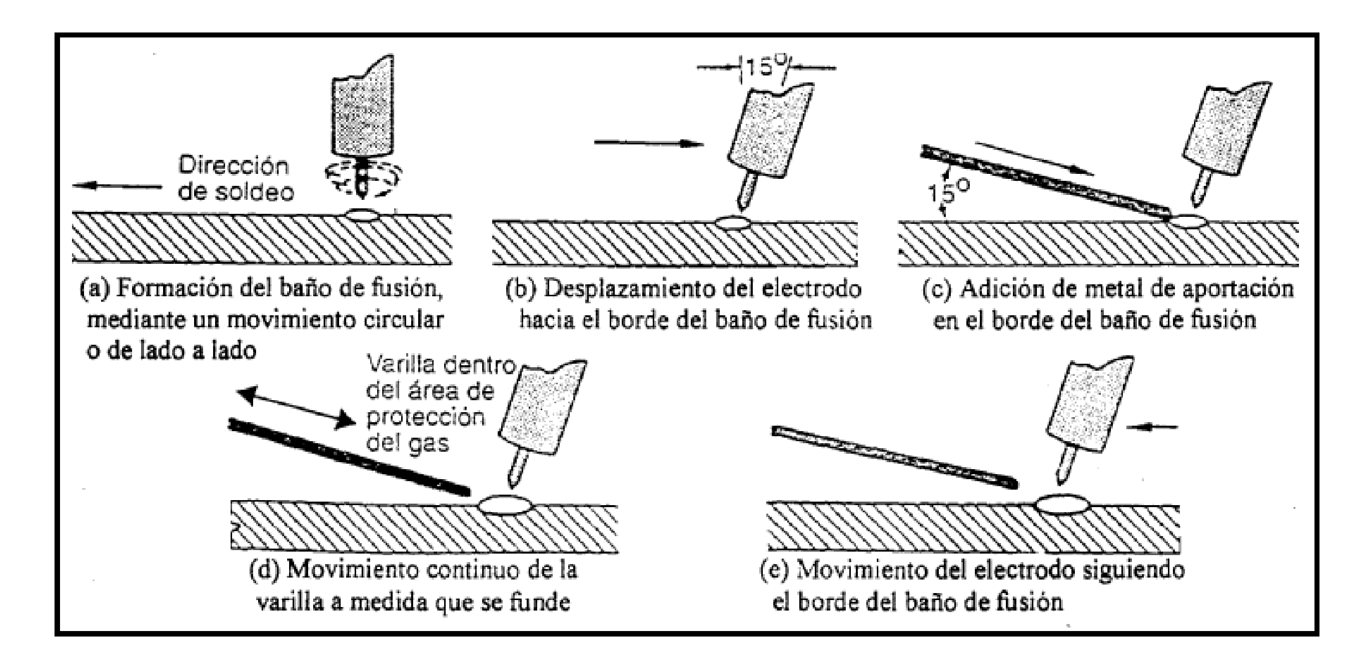


Fig.25

13.2 TÉCNICAS ESPECIALES ARCO PULSADO

Con la finalidad de obtener mayor control sobre el aporte de calor al metal base y una mejor calidad de soldadura, se puede emplear la corriente pulsada.

Se trata de una **variante** del proceso TIG en la que la corriente de soldeo varía cíclicamente entre un nivel mínimo (corriente de fondo) y máximo (corriente de pico), a frecuencias que dependen del trabajo a realizar y que pueden oscilar entre milésimas de segundo y el segundo, ver fig.26.

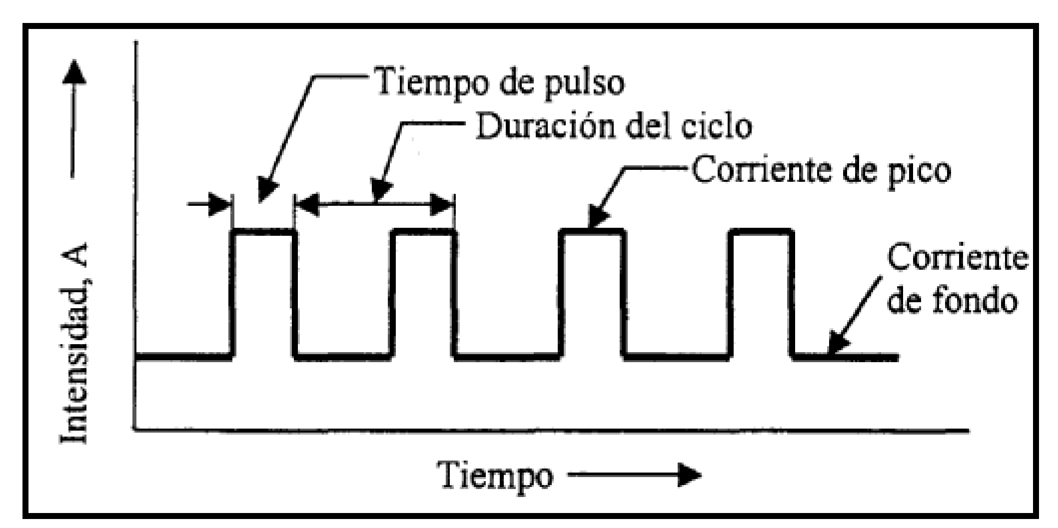


Fig.26: Ciclo de corriente en el soldeo con arco pulsado

El resultado es una corriente y un arco pulsatorios que, al aplicarlos a la soldadura, producen una serie de puntos que se solapan hasta formar un cordón continuo, ver fig.27.

Cada uno de esos puntos, que constituyen el cordón, se obtienen al producirse un impulso de gran intensidad. Posteriormente, al disminuir la corriente hasta el valor de base, se produce el enfriamiento del baño y la solidificación parcial del mismo, hasta que la generación de un nuevo impulso vuelve a iniciar todo el proceso. Los sistemas de regulación del equipo permiten ajustar el valor de la corriente de base, así como la amplitud y frecuencia de los impulsos (n° de impulsos por segundo) con vistas a conseguir que los puntos se solapen y se obtenga un cordón continuo. El soldeo TIG por arco pulsado puede aplicarse manual o automáticamente y, en cualquier caso, puede realizarse con o sin material de aportación.

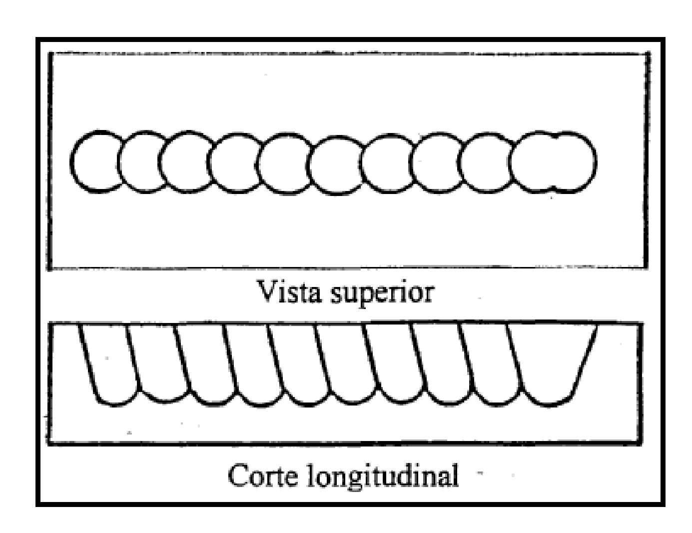


Fig.27: Soldadura obtenida por el proceso TIG con arco pulsado

Por sus características, el proceso se adapta particularmente a todos aquellos casos en los que sea importante limitar la aportación de calor; bien sea por razón de espesor, como en la soldadura de láminas muy finas, o por razones de tipo metalúrgico.

La corriente pulsada permite una mayor tolerancia en la preparación de los bordes, facilita la obtención del cordón de penetración y reduce las deformaciones.

Otra ventaja típica del proceso se presenta en el soldeo de uniones circulares de tuberías. Normalmente, cuando se realiza este tipo de trabajo por los procedimientos clásicos, es necesario cambiar la intensidad, o la velocidad de avance, para adaptarse a las diferentes posiciones que se van presentando a medida que se va rodeando el tubo con vistas a obtener un cordón lo más uniforme posible. La corriente pulsada es menos sensible a las variaciones de posición, por lo que permite realizar un cordón continuo y uniforme sin necesidad de variar la velocidad de avance ni los parámetros de soldeo.

Las ventajas del soldeo por arco pulsado frente al soldeo convencional se pueden resumir en:

- Menor aporte térmico que produce menores deformaciones y un baño de fusión y una ZAT más estrecha.
- Mayor penetración.
- Mejor control del baño de fusión en posiciones difíciles.

La intensidad de fondo, o de base, suele ser de 15, 20 ó 30 A mientras que la intensidad de pico, o de pulso, depende del material a soldar, de la penetración deseada y de la duración del pulso. En general se puede decir que la corriente de pico será un 40 a 60% más alta que la corriente en el soldeo no pulsado y la corriente de base un *25%* de la corriente de pico. Se indican a continuación algunos ejemplos.

• Espesor del acero inoxidable: 0,5 mm.
Intensidad del pulso: 50 Amperios.
Tiempo del pulso: 0,1 segundo.
Velocidad de avance: 6 mm/s.
Intensidad de base: 12 A.

• Espesor del acero inoxidable: 4 mm.
Intensidad del pulso: 180-200 A.
Tiempo del pulso: 0,75 s.
Velocidad de avance: *1,5* mm/s.
Intensidad de base: 45-50 A

13.3 SOLDEO CON ALAMBRE CALIENTE

Otra variedad es el TIG con alambre caliente, ver fig.28. Se puede utilizar en procesos automáticos o manuales. Aquí la varilla aportada de forma continua se precalienta con una corriente baja, entrando a alta temperatura en el baño, fundiéndose a mucha más velocidad y lográndose altas velocidades de aportación. Se utiliza principalmente para recargues y para soldeo automatizado de piezas de mayor espesor.

El precalentamiento del alambre de aportación se consigue mediante el paso de una corriente alterna a través del mismo. Esta corriente se suministra por una unidad independiente**,** que puede regularse en función del diámetro del alambre y de la velocidad de alimentación.

Algunas ventajas de utilizar el sistema de alambre caliente son:

• Una velocidad de soldeo mucho mayor. Esto hace del proceso TIG una alternativa económica en el soldeo de materiales gruesos.
• Disminuir el riesgo de formación de sopladuras, por lo que también mejora la calidad de la soldadura.
• Menor peligro de falta de fusión.

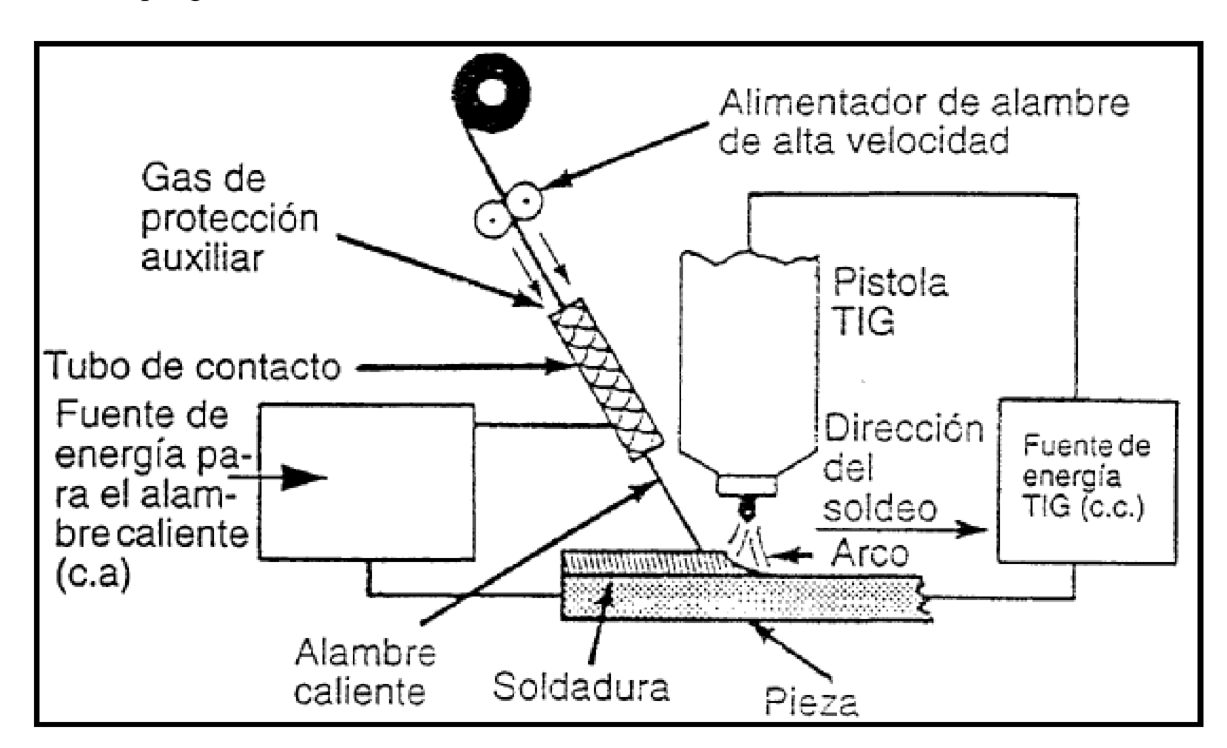


Fig.28: Instalación para soldeo TIG con alambre caliente

13.4 SOLDEO ORBITAL

Para el soldeo automático de tubos es interesante el sistema de soldeo orbital, en el que el electrodo se hace girar mecánicamente alrededor de la unión circunferencial con o sin aportación de metal.

Llevan controles de corriente y velocidad para adaptar estos parámetros a las distintas posiciones de soldeo de la soldadura circunferencial, aunque con sistemas de arco pulsado estos parámetros pueden ser los mismos para la unión completa. Para uniones tubo-placa el soldeo se hace interiormente de forma automática, dando origen al sistema de soldeo interior. La protección se efectúa por una corriente de gas inerte en el interior del tubo, ver fig.29.

Fig.29: Soldeo orbital

14. PROCESOS

Interpretar la función de los distintos elementos de una instalación específica de soldeo TIG

Generadores para el soldeo TIG

GENERADOR

El soldeo TIG puede realizarse con corriente continua y con corriente alterna, según la naturaleza del metal a soldar. En cualquier caso, el generador es de característica descendente, es decir, igual que los utilizados, en soldeo manual con electrodos revestidos.

Cuando la instalación es específica de TIG (como en el PLANO), el generador es un rectificador provisto de selector de c.c. o c.a. en salida, para resolver cualquier caso de soldeo.

El sistema de regulación de intensidad suele ser mixto (reglaje basto a saltos y ajuste fino continuo), a fin de conseguir un ajuste preciso de la cantidad de calor. Este tipo de generador es normal que lleve incorporados el generador de alta *frecuencia*, las válvulas de gas y agua, contactor de acción a distancia, temporizador de la acción de las válvulas y selector de polaridad.

GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA

Es la solución más comúnmente adoptada en soldeo TIG para resolver el problema que presenta la estabilidad del arco con electrodo desnudo en c.a.

Estos generadores suministran corriente de alta tensión y muy pequeña intensidad, en forma de ondas amortiguadas de elevada frecuencia que evitan la posible interrupción del arco.

Son imprescindibles para el TIG en c.a. y convenientes para mejorar el cebado en c.c. Funcionan con corriente de la red y van provistos de regulador de potencia.

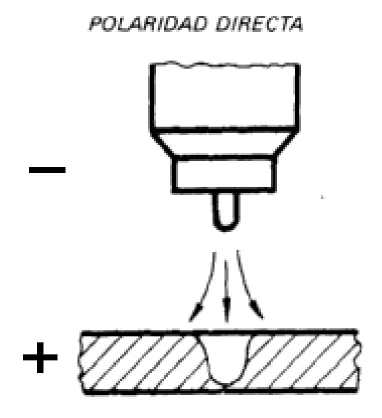
La corriente de alta frecuencia se superpone a la corriente de soldeo sin perturbar- la; no es peligrosa para el soldador y como único inconveniente es que puede producir trastornos por corrientes parásitas que afectarían a radio, televisión, etcétera.

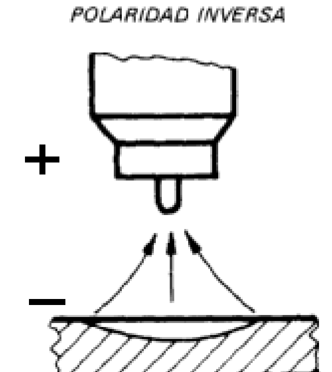
Estudiar las distintas variables que intervienen en el procedimiento TIG

Elección de corriente en soldeo TIG en cada metal

La elección de la clase de corriente y la polaridad debe hacerse de acuerdo con la naturaleza del metal a soldar. A fin de realizar correctamente esta elección, veamos los distintos aspectos de cada uno de los casos.

ARCO EN CORRIENTE CONTINUA

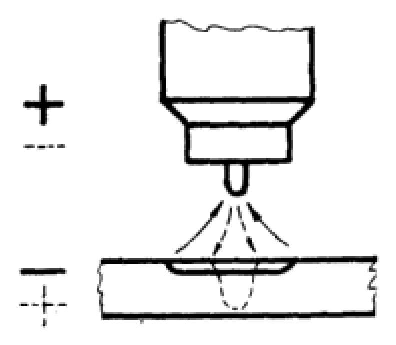




- Buena penetración.
- Soporta alta intensidad.

- Soporta muy poca intensidad.
- Limpia la superficie del baño.

NOTA: Para un diámetro e intensidad dados, en polaridad directa, el electrodo trabaja correctamente, mientras que en polaridad inversa se funde su extremo.



ARCO EN CORRIENTE ALTERNA
- La polaridad cambia constantemente.
- En un período «enfría» el electrodo y en el otro limpia el baño.
- Soporta una intensidad intermedia entre CCPD y CCPI.
- Necesita una solución auxiliar para estabilizar el arco. Por ejemplo, generador de alta frecuencia.

CONCLUSION

Siempre se debe utilizar c.c. en polaridad directa, menos en el soldeo del aluminio, que se utilizará c.a. para eliminar la alúmina que se forma en su baño.

Estudiar las distintas variables que intervienen en el procedimiento TIG

Elección de corriente en soldeo TIG en cada metal

MATERIAL	Corriente alterna*	Corriente continua	
	Con estabilizador de alta frecuencia	Polaridad directa	Polaridad inversa
Magnesio hasta 3 mm. de espesor	1	N.R.	2
Magnesio en espesor superior a 5 mm	1	N.R.	N.R.
Piezas fundidas de magnesio	1	N.R.	2
Aluminio hasta 3 mm. de espesor	1	N.R.	2
Aluminio en espesor superior a 3 mm	1	N.R.	N.R.
Piezas fundidas de aluminio	1	N.R.	N.R.
Acero inoxidable	2	1	N.R.
Aleaciones de latón	2	1	N.R.
Cobre silicio	N.R.	1	N.R.
Plata	2	1	N.R.
Aleaciones HASTELLOY	2	1	N.R.
Chapado de plata	1	N.R.	N.R.
Recubrimiento duro	1	1	N.R.
Fundición de hierro	2	1	N.R.
Acero pobre en carbono, de 0,5 a 0,8 mm.	2 **	1	N.R.
Acero pobre en carbono, de 0,8 a 3 mm. de	NR	1	N. R.
Acero rico en carbono, de 0,5 a 0,8 mm. de espesor	2	1	N.R.
Acero rico en carbono, de 0,8 mm. y mayores espesores	2	1	N.R.
Cobre desoxidado ***	N.R.	1	N.R.

1 Funcionamiento excelente.
2 Buen funcionamiento.
N.R. No recomendable.
(*) Cuando sea recomendable la corriente alterna como opción en segundo lugar empléese una intensidad de corriente un 25 % mayor que la recomendada para la corriente continua en polaridad directa.
(**) No emplee corriente alterna en piezas fuertemente sujetas en montajes.
(***) Emplear fundente de soldar con bronce o fundente de bronce silicio, para espesores de 6 mm. y mayores.

Estudiar las distintas variables que intervienen en el procedimiento TIG

Condiciones de ejecución del soldeo TIG manual

TIPO DE ELECTRODO
Depende del material a soldar
DIAMETRO DE ELECTRODO
Según metal y espesor a soldar:
— **Aceros:** 25 a 30 A por mm. de espesor.
— **Aluminio:** *35* a *45* A por mm. de espesor.
— **Cobre:** Necesita altas intensidades y precalentamiento. Influye también el volumen de las piezas.

INTENSIDAD QUE SOPORTAN LOS DISTINTOS ∅ DE ELECTRODO CON LAS DISTINTAS CONDICIONES ELECTRICAS

∅	C.A	C.C – P.D.	C.C-P.I
1	15-50	25- 70	15
1,6	50-100	60-150	10-20
2,4	100-160	150-200	15-30
3,2	130-180	200-350	25-40
4	170-240	350-520	40-60

DIAMETRO DE LA BOQUILLA, depende del espesor de las chapas

ESPESOR	∅ BOQUILLA
1	6 mm
1 a 2	8 o 9
2 a 4	10 o 11
4 a 6	12 o 13

CAUDAL DE GAS

Depende de la boquilla a utilizar.
Suele utilizarse, como máximo, **1 litro por milímetro de ∅ de boquilla.**

DIAMETRO METAL APORTACION

$$ACEROS: \emptyset\ varilla \cdot \frac{espesor}{2} + 1$$

$$ALUMINIO: \emptyset\ varilla \cdot \frac{espesor}{2} + 1$$

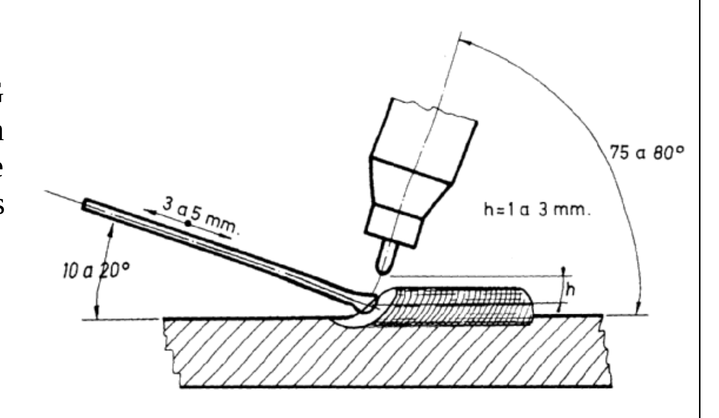
$$COBRE: Es\ mas\ compleja. Ver\ cada\ caso$$

Depositar cordones en acero, en horizontal, utilizando la técnica adecuada

Condiciones operatorias en soldeo TIG manual

GENERALIDADES

Los métodos operatorios del soldeo TIG manual son prácticamente los mismos que en soldadura oxiacetilénica; por tanto, siempre se suelda «a izquierdas» aunque con distintos ángulos, como se ve en la figura.



PARTICULARIDADES

- Antes de ponerse a soldar hay que conseguir una total limpieza de bordes y varilla.
- Antes de iniciar el soldeo conviene cebar y calentar el electrodo en un recorte.
- Generalmente conviene precalentar. Hacer círculos con el arco sobre la pieza y desplazamientos longitudinales sobre los bordes.
- Se puede soldar en todas las posiciones.
- En pared vertical puede soldarse en descendente en chapa fina (1 a 3 mm.).
- En la soldadura del aluminio es conveniente iniciar el arco (calentar el electrodo) sobre un trozo de cobre.
- El electrodo **nunca** debe tocar el baño ni la varilla.
- Mantener el extremo de la varilla muy cerca del arco (bajo la acción del gas).
- Generalmente, el porta electrodos sólo se desplaza en el sentido de avance; a veces se le dan ligeros retrocesos para mantener mejor la fusión del baño (caso del aluminio).
- El movimiento de la varilla es un «mete saca breve.
- En casos de responsabilidad en Acero Inoxidable y Cobre conviene proteger con gas por el reverso.

Depositar cordones en acero, en horizontal, utilizando la técnica adecuada

Seguridad e higiene en el soldeo bajo gas protector

Además de los riesgos típicos del soldeo por arco con electrodos revestidos, considerados el curso pasado, las técnicas de soldadura con protección gaseosa presentan algunas particularidades que deben tenerse en cuenta.

RADIACIONES

La utilización de electrodos desnudos, por carecer de cráter en su extremo, aumenta el ángulo de radiación; la ausencia de escoria ocasiona baños muy reflectores y brillantes; y el empleo de arcos de gran densidad de corriente da lugar a radiaciones que si bien son de la misma naturaleza que las del arco con electrodos revestidos, son de mayor intensidad. Por ejemplo, la radiación ultravioleta puede ser tres o cuatro veces más fuerte y la infrarroja unas dos veces.

Por consiguiente, los cristales de protección deben elegirse de acuerdo con la intensidad de la radiación. Además, para aminorar las molestias de brillo y reflejos del baño, conviene utilizar gafas polarizadas debajo de la pantalla de cabeza, principalmente en el soldeo del aluminio.

En soldadura TIG, cuando sea necesario proteger las manos de la radiación, deben elegirse guantes de piel fina que garanticen la sensibilidad de tacto necesaria.

GASES RESIDUALES

Cuando se protege con CO2 (procedimiento MAG), en la zona del arco se producen disociaciones y recombinaciones de dicho gas (CO2: CO + O), que dan lugar al desprendimiento de pequeñas cantidades de **CO residual.**

Este gas resulta nocivo en concentraciones que superen las 50 ppm, que no se alcanzan normalmente en talleres con una ventilación adecuada, por lo que ésta debe vigilarse.

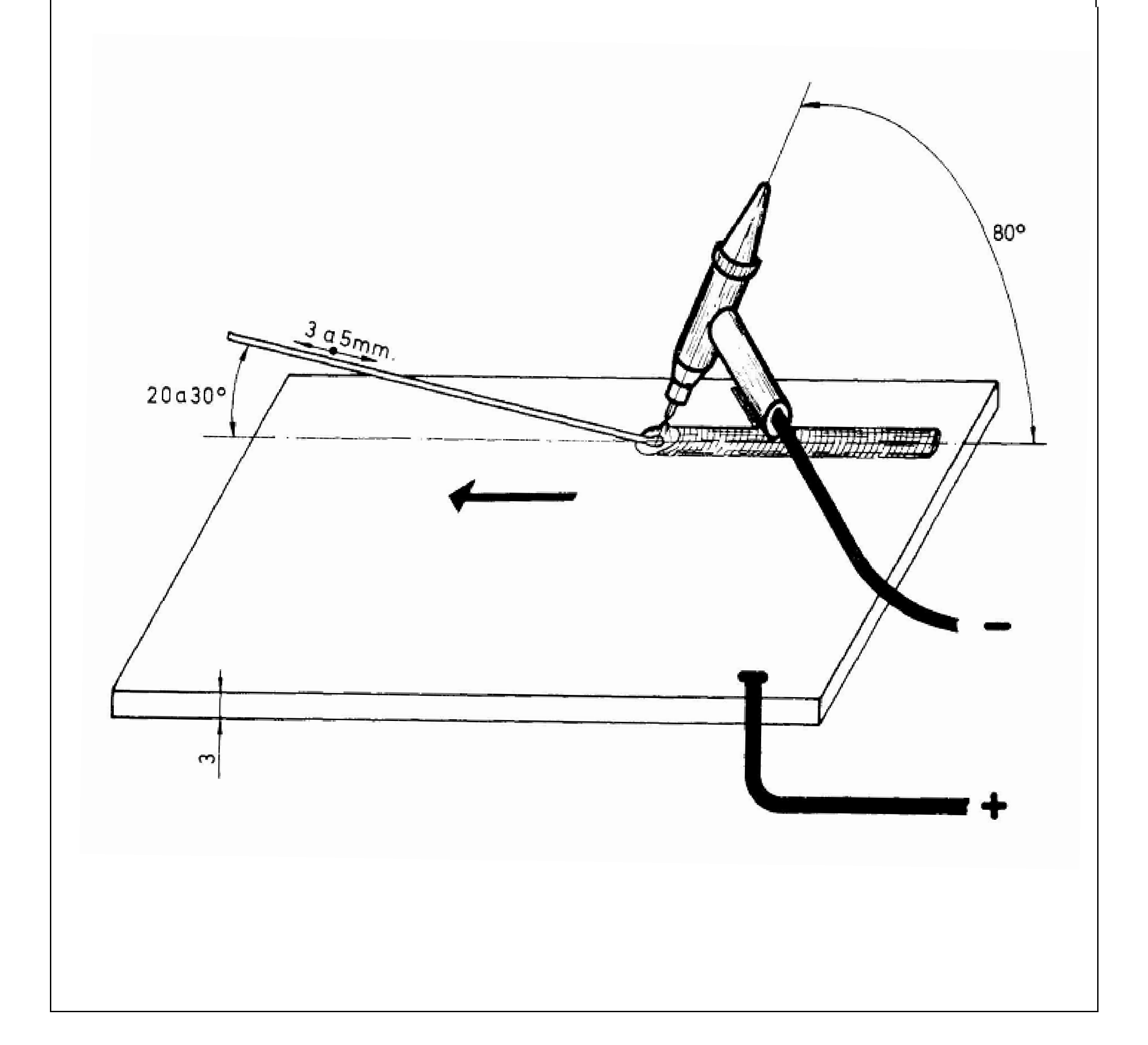
Los rayos ultravioleta, que como señalamos anteriormente son muy abundantes en el soldeo con protección gaseosa, tienen la propiedad de transformar el oxígeno (0_2) en **ozono** (0_3). (Fenómeno particularmente acusado en las soldaduras TIG y plasma.)

Este gas empieza a ser nocivo en concentraciones mucho más bajas (0,1 ppm), que fácilmente se rebasan en las inmediaciones del arco. No obstante, como el ozono es muy inestable, su concentración ya no suele ser peligrosa a la altura del soldador, principalmente si la zona de soldeo está correctamente ventilada.

Depositar cordones en acero, en horizontal, utilizando la técnica adecuada

Depósito de cordones en acero inoxidable

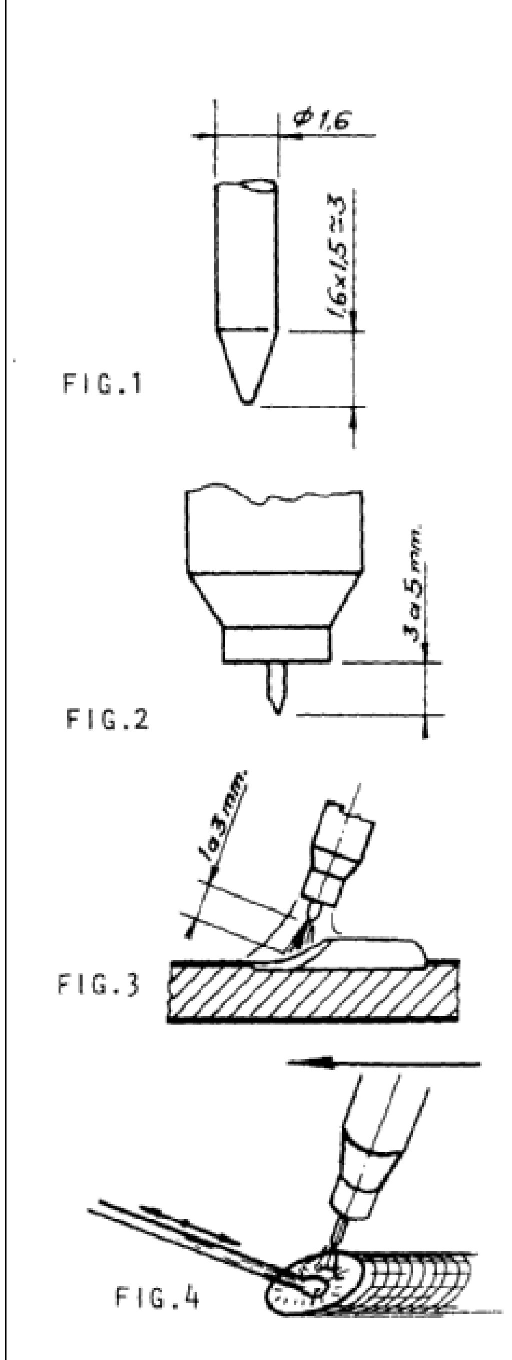
con el procedimiento TIG



Depositar cordones en acero, en horizontal, utilizando la técnica adecuada

Depósito de cordones en acero inoxidable con el procedimiento TIG





- *Preparar chapa de acero inoxidable de 3 mm.:*
  - Enderezándola en el tas.
  - Limpiando la cara a soldar con cepillo de púas de acero inoxidable.
- *Preparar varilla de aportación:*
  - De acero inoxidable (de acuerdo con el metal a soldar).
  - Eligiendo 0.
  - Limpiándola con lija.
- *Poner equipo a punto:*
  - Eligiendo y seleccionando corriente y polaridad.
    Eligiendo tipo y 0 de electrodo.
  - Afilando electrodo en esmeril (fig. 1).
  - Eligiendo boquilla y caudal de gas.
  - Seleccionando campo de intensidades adecuado al espesor (90 A).
  - Situando interruptor de alta frecuencia en «cebado».
  - Colocando electrodo y boquilla en porta electrodos, de forma que el primero asome de 3 a 5 mm. (fig. 2).
  - Abriendo grifo de agua.
  - Abriendo botella de Argón.
  - Situando conmutador de control del contactor en «remote ».
  - Accionando interruptor general.
  - Comprobando salida de gas y agua.
- *Depositar cordones en horizontal:*
  - Colocando chapa sobre la mesa con la cara cepillada hacia arriba.
  - Con regulación de caudal de Argón a 11 1/mm.
  - Con regulación temporizador de válvulas que consiga un «blanco plata» al enfriar el electrodo.
  - A izquierda y con posición porta electrodos del PLANO.
  - Cebando y calentando electrodo.
  - Manteniendo una longitud de arco de 1 a 3 mm. (que nunca toque el baño).
  - Interpretando la regulación de intensidad.
  - Aportando con varilla de Acero Inoxidable de 2 mm.
  - Con solo movimiento de avance.
  - Con posición de varilla del plano.
  - Con movimiento de «mete y saca» en la aportación, dirigiendo su extremo hacia el centro del baño (fig. 4) y procurando no tocar nunca al electrodo.
  - Con una velocidad de avance tal que veamos formarse el cordón.
  - Interrumpiendo el arco soltando el interruptor del porta electrodos, y después de unos instantes retirarlo.

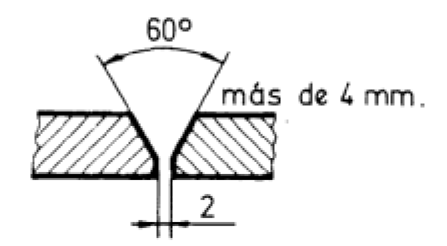
Soldar a tope chapas de acero inoxidable, de 2 mm., en horizontal, vertical, cornisa y techo

Recomendaciones para el soldeo TIG de los aceros inoxidables

APORTACION
Normalmente, la aportación suele ser en forma de varillas elegidas en función del metal base y con un diámetro igual o inferior (facilita el aporte) del que corresponda al espesor a soldar. Pero el aporte también puede aplicarse, cuando se trate de tuberías, en forma de anillos colocados por el interior, en el hueco de los bordes; esta es una aplicación muy específica del TIG en acero inoxidable y se complementa con el arco manual para el recargue.

PREPARACION DE BORDES
La preparación de bordes para soldeo TIG podemos decir que es la misma que en arco manual, pero teniendo en cuenta que en las uniones en esquina y a tope no deben dejarse separaciones, en lo posible, para que no haya escape de gas y pérdidas de protección.



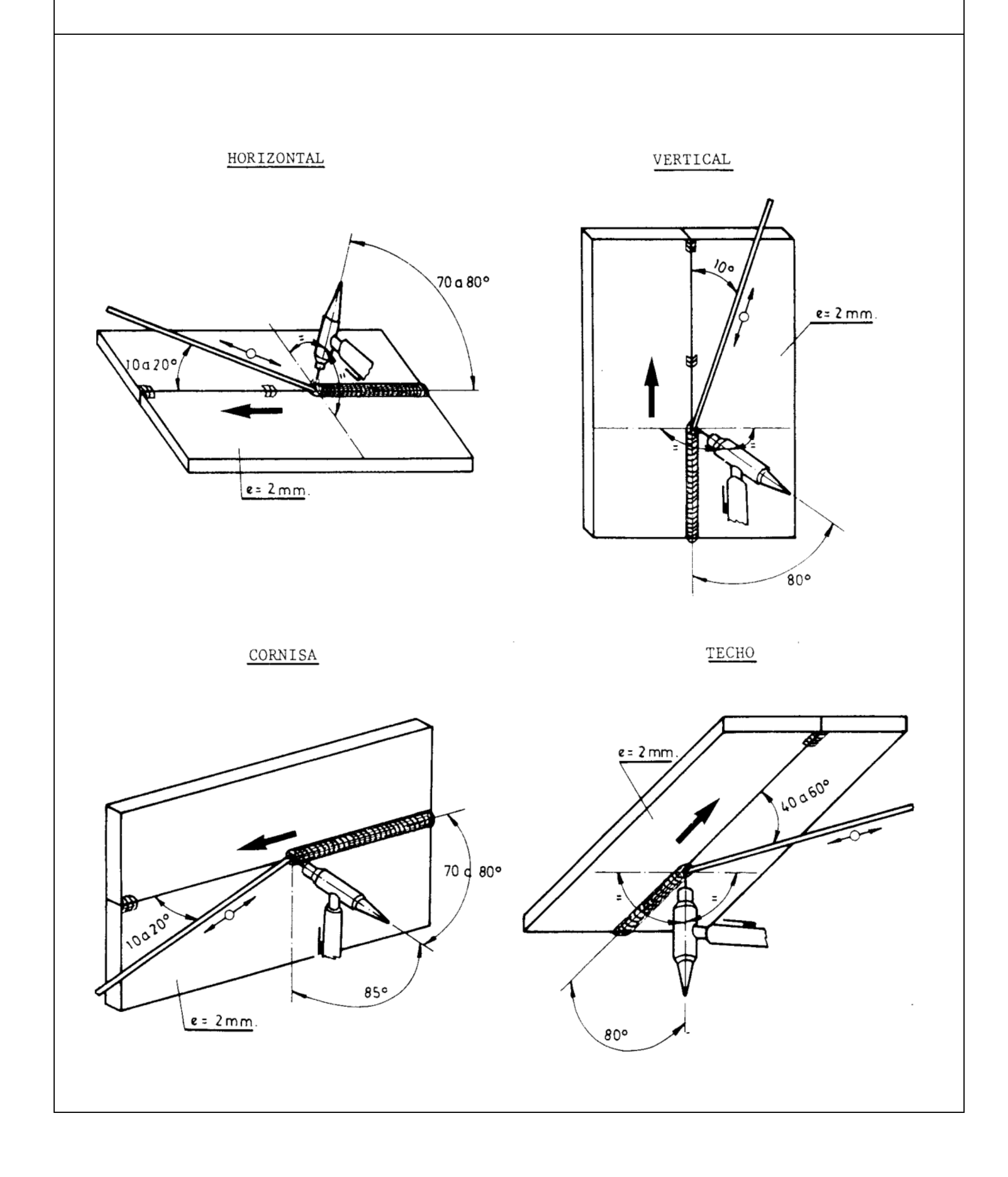


Lo que sí es importantísimo es la limpieza previa de los bordes y sus inmediaciones a fin de evitar la contaminación del baño. Esta limpieza puede ser física (cepillo) o química (ácidos). También puede ser necesaria una limpieza posterior de la zona afectada por el calor, con soluciones de ácido nítrico en agua caliente.

FACILIDAD OPERATORIA

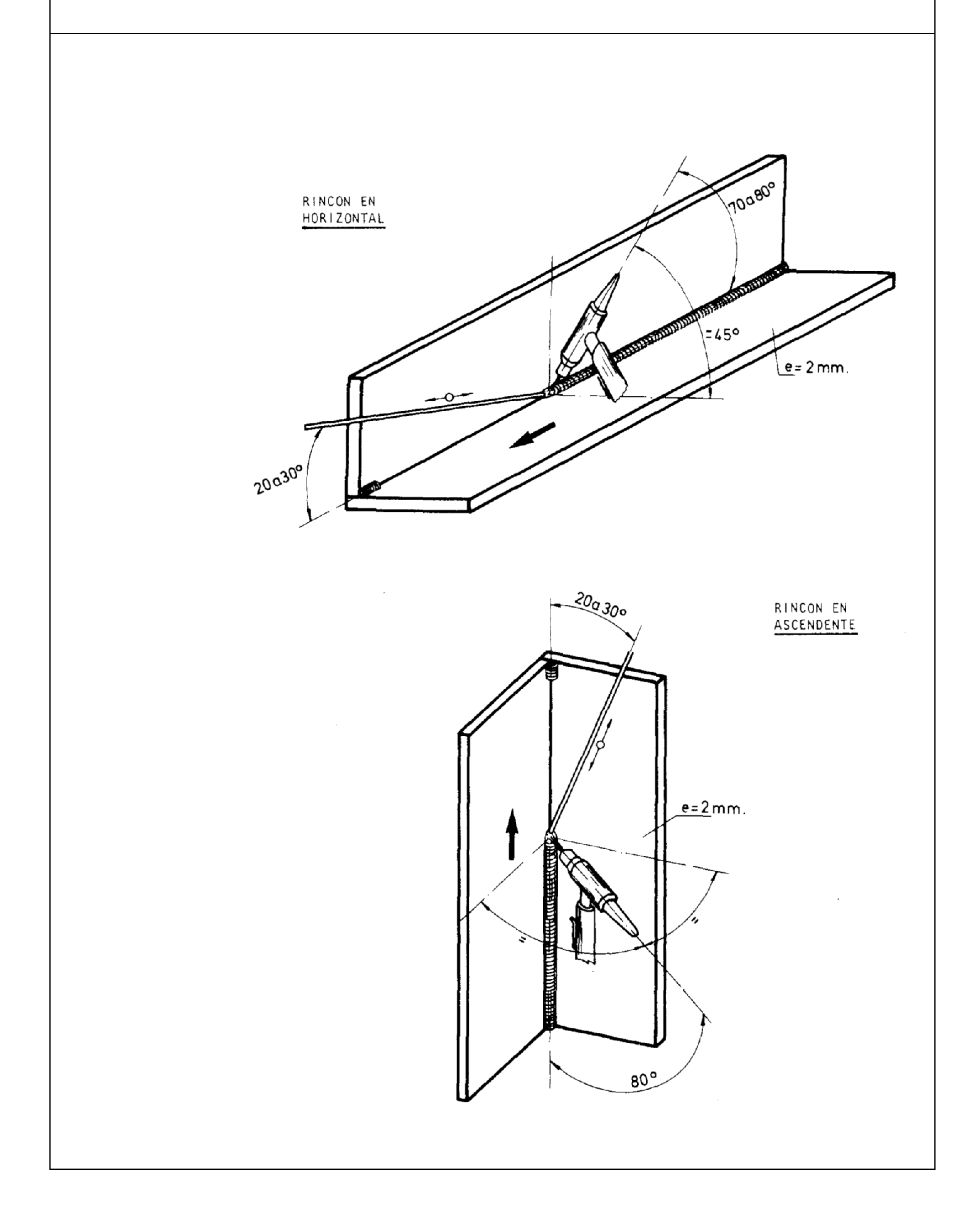
Debido a la acción independiente del calor y el aporte, y sobre todo al baño frío y viscoso que se produce, este metal es muy cómodo de soldar en cualquier tipo de unión, posición y espesor.
Es mucho más importante la preparación previa del equipo, la aportación y las piezas, que la habilidad manual del soldador ya formado.

Soldar a tope chapas de acero inoxidable, de 2 mm., en horizontal, vertical, cornisa y techo
Uniones a tope con TIG en acero inoxidable



Soldar en rincón chapas de acero inoxidable de 2 mm., en horizontal y vertical

Uniones en rincón en acero inoxidable de 2mm



Soldar a tope chapas de acero inoxidable, de 2 mm., en horizontal, vertical, cornisa y techo

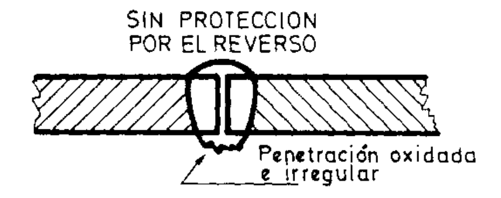
La protección por el reverso en el soldeo TIG

La protección por el reverso de las chapas y tubos de acero inoxidable tiene por objeto evitar la contaminación de la parte posterior del cordón, reduciendo la oxidación y dando uniformidad ala penetración, así como garantía de la calidad de la unión.

Esta protección por el reverso puede conseguirse con Argón, Nitrógeno, mezclas Argón-Hidrógeno o Hidrógeno-Nitrógeno. Para casos de alta responsabilidad (centrales nucleares) se utiliza el Argón, aunque resultan bastante caros.

El gas de protección más económico, y que se utiliza en uniones de responsabilidad normal, es el Nitrógeno. Cuando se utiliza este gas deben prepararse las uniones sin separación de bordes, de forma que el Nitrógeno no pase al baño y cree perturbaciones en el arco.

Para el soldador el hecho de que se utilice gas protector por el reverso no ofrece ningún problema, como no sea el asegurar- se de que éste actúe en toda la extensión de la costura. Los resultados obtenidos en la forma de la penetración (ver figura) son espectacularmente positivos, sin apenas precauciones de tipo operatorio.

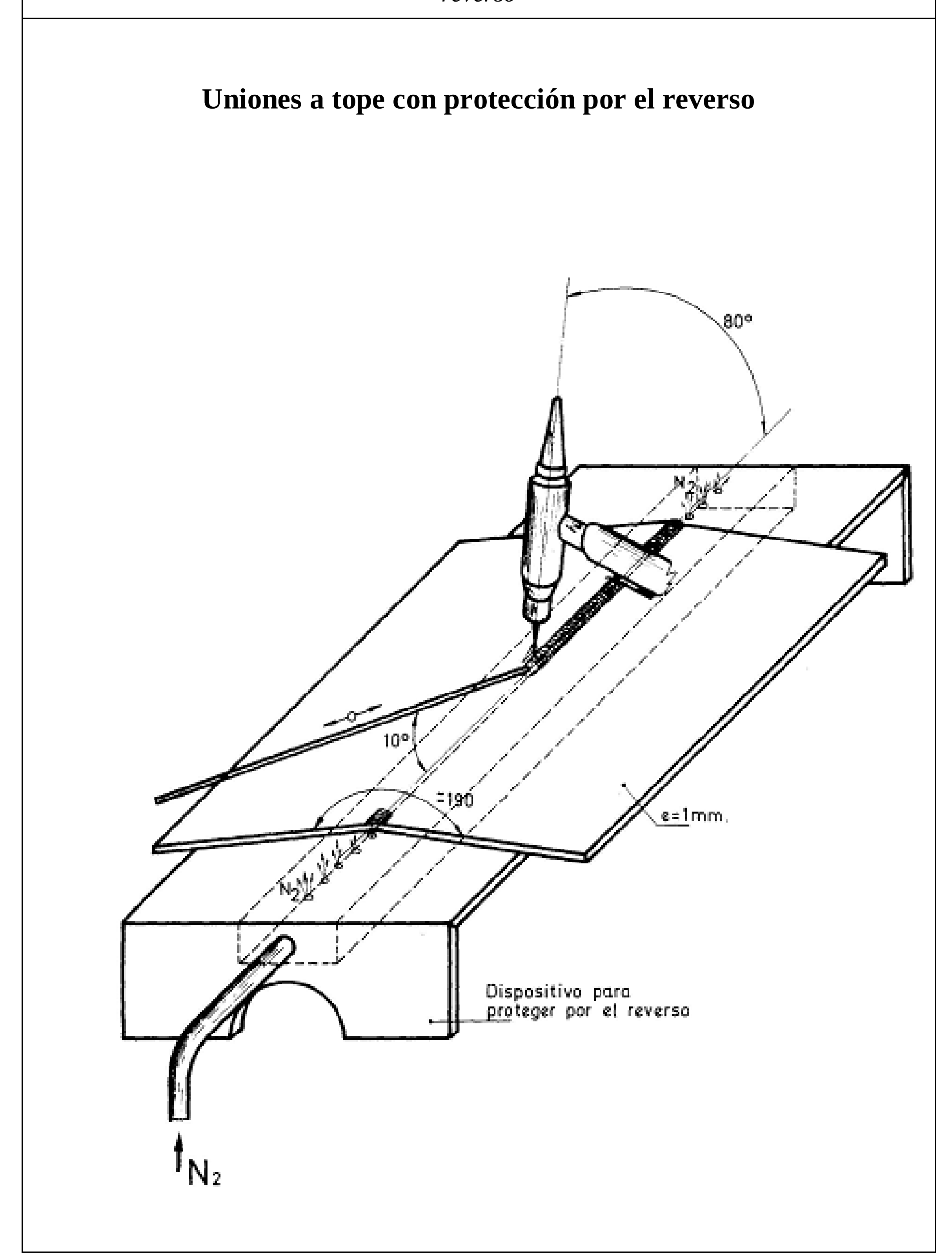




La aplicación de la protección por el reverso está condicionada, en muchos casos, a la dificultad de diseño de dispositivos que canalicen y repartan el gas por la costura. En caso de uniones en tubería esto es más difícil de conseguir y tiene, por tanto, gran aplicación en la construcción de recipientes e instalación de tuberías de acero inoxidable.

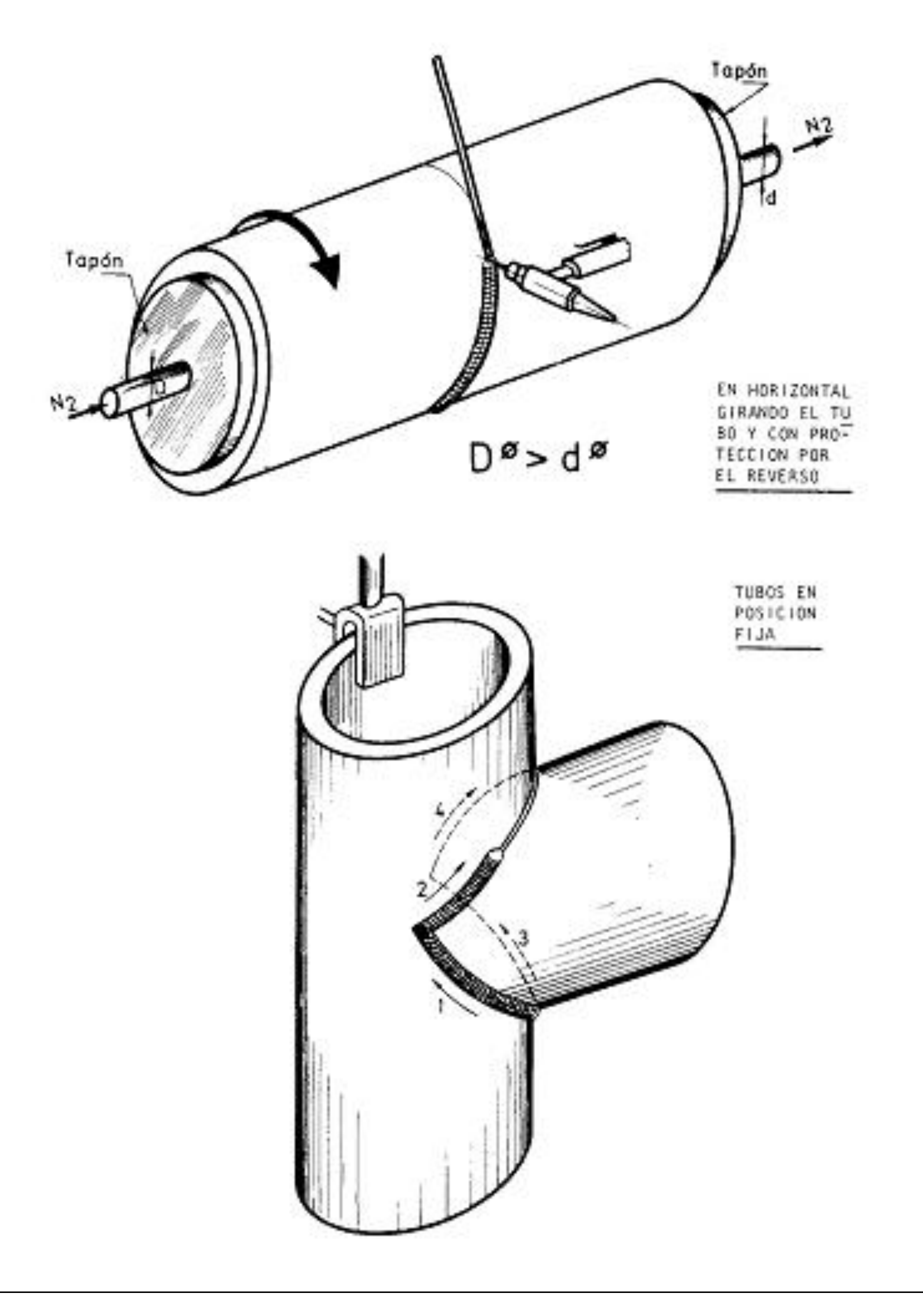
Soldar a tope chapas de acero inoxidable de 1 mm., con protección de gas por el reverso

Uniones a tope con protección por el reverso



Soldar tubos en acero inoxidable en distintas posiciones con y sin protección por el interior

Uniones en tubería de acero inoxidable



Soldar en ángulo exterior chapas de acero inoxidable, de 3 mm., en horizontal y vertical

Soldeo TIG del aluminio

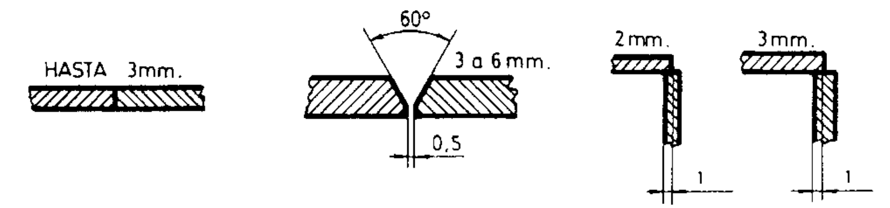
Como sabemos, el soldeo del aluminio presenta ciertas dificultades derivadas de su elevada conductividad térmica, su relava fluidez y, principalmente, el alto punto de fusión de la alúmina que puede formarse durante la operación.

Estas dificultades pueden superarse, en cierta medida, mediante el empleo de la llama oxiacetilénica y la aplicación de desoxidantes adecuados, pero con el inconveniente de la limpieza final de los residuos, que son corrosivos.

El soldeo por arco con electrodos revestidos presenta grandes dificultades y prácticamente no resuelve en este campo. El procedimiento TIG, por desarrollarse en una atmósfera inerte, que no precisa desoxidantes; por la gran concentración de calor que se consigue en el arco; y por la limpieza del baño que realiza la propia corriente, siempre que sea adecuada, es el ideal para el soldeo de aluminio en el campo de los espesores finos y medios (1 a 6 mm.) en todo tipo de unión y posiciones; e incluso en espesores relativamente fuertes, siempre que la longitud sea reducida, o la posición, por su dificultad permita un mejor acceso del TIG, que resulta más versátil que el MIG.

RECOMENDACIONES PARA EL SOLDEO TIG DEL ALUMINIO

- Exige el empleo de c.a., pues de esta forma durante el semiperíodo de polaridad inversa, aunque calienta el electrodo consigue limpiar la película de alúmina que se forma, enfriando en el otro semiperíodo.
- El empleo de c.a., exige la utilización de alta frecuencia e impide la utilización de electrodos tonados.
- En la preparación de las piezas hay que tener muy en cuenta que la limpieza de bordes sea perfecta e inmediata al soldeo.
- La preparación de los bordes es muy parecida a la de arco manual, excepto en uniones a tope y en esquina en que se recomiendan las preparaciones de la figura.



- El cebado debe realizarse sobre un recorte de cobre para impedir que se contamine el electrodo, calentándolo lo suficiente para que después salte el arco sin tocar en el aluminio.

Es conveniente utilizar talones, en algunas costuras, para evitar agrietamientos.

Soldar en ángulo exterior chapas de aluminio de 3 mm., en horizontal y vertical

Uniones en ángulo exterior en aluminio

70-80°
10-20°
20°
80°

Soldar en ángulo exterior chapas de aluminio de 3 mm., en horizontal y vertical

Uniones en ángulo exterior en aluminio

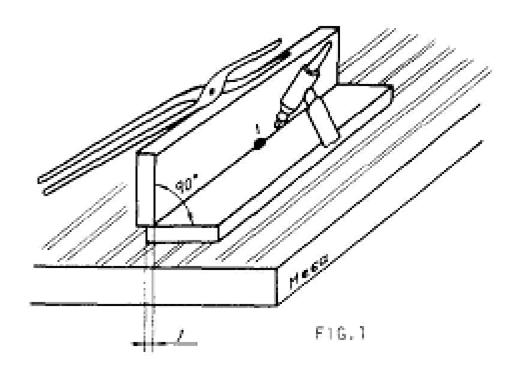


FIG.1

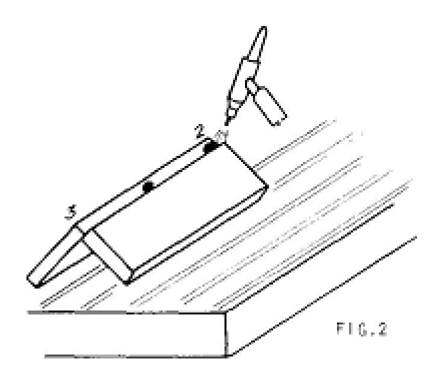
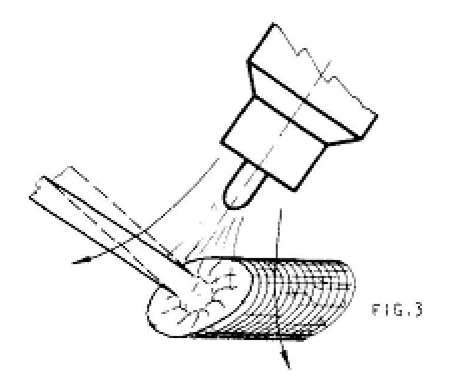


FIG.2


FIG.3

- *Poner equipo a punto:*
  - Colocando selector de corriente en ca.
  - Situando interruptor de alta frecuencia en «continuamente».
  - Eligiendo tipo y diámetro de electrodo.
  - Eligiendo boquilla y caudal de gas.
  - Preparando porta electrodos.
  - Aproximando campo de intensidades.
  - Comprobando salida de gas y agua (si se utiliza).
  - Posicionando índice del temporizador en 10.
- *Preparar unión en ángulo exterior:*
  - Limpiando bordes y contornos.
  - Punteando a 900; con tres puntos, empezando por el centro (figuras 1 y 2) y ayudándose de las tenazas.
  - Punteando extremos según figura 2.
  - Comprobando que no quede separación de bordes.
  - Cepillando de nuevo toda la junta.
- *Soldar en ángulo exterior:*
  - En horizontal, posicionando pieza en mesa.
  - A izquierda.
  - Con posición de porta electrodos y varilla del PLANO.
  - Utilizando varilla de 3 mm. *0* bien limpia.
  - Calentando electrodo en recorte de cobre.
  - Saltando con el arco del recorte a las piezas sin tocarlas.
  - Precalentando la costura con el arco.
  - Adecuando intensidad y ritmo al baño.
  - Observando que el extremo de la varilla se «hunda» en el baño sin necesidad de empujar (figura 3).
  - Interpretando la penetración por la observación del baño y el «hundimiento» de la varilla.
  - Ayudándose de un movimiento del porta electrodos hacia atrás y adelante, para facilitar la fusión y el acceso de la varilla.
  - Rematando con la ayuda del interruptor del porta electrodos.
- *Proceder de forma análoga en ascendente rebajando intensidad y ritmo.*

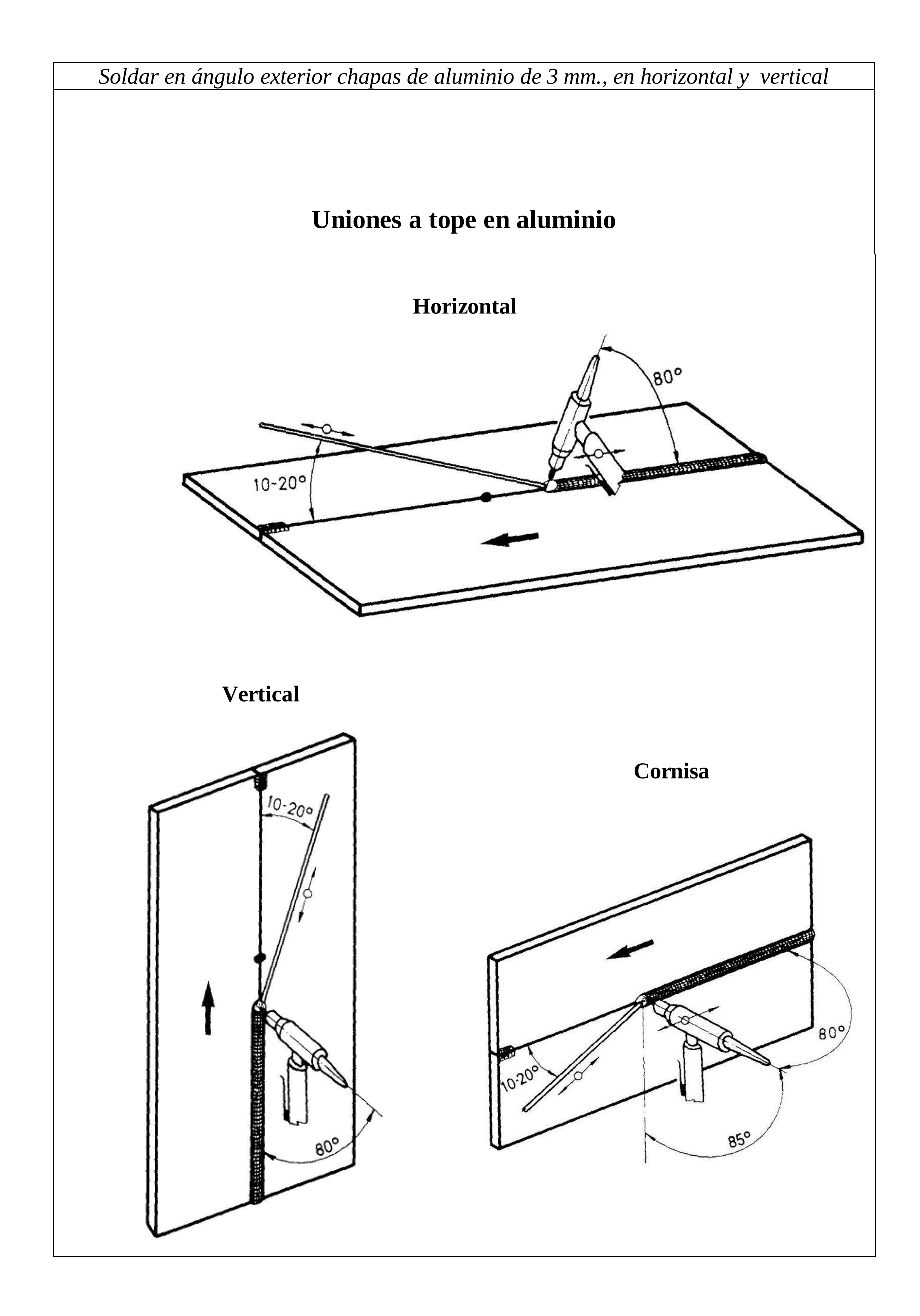
Soldar en ángulo exterior chapas de aluminio de 3 mm., en horizontal y vertical

Uniones a tope en aluminio

Horizontal

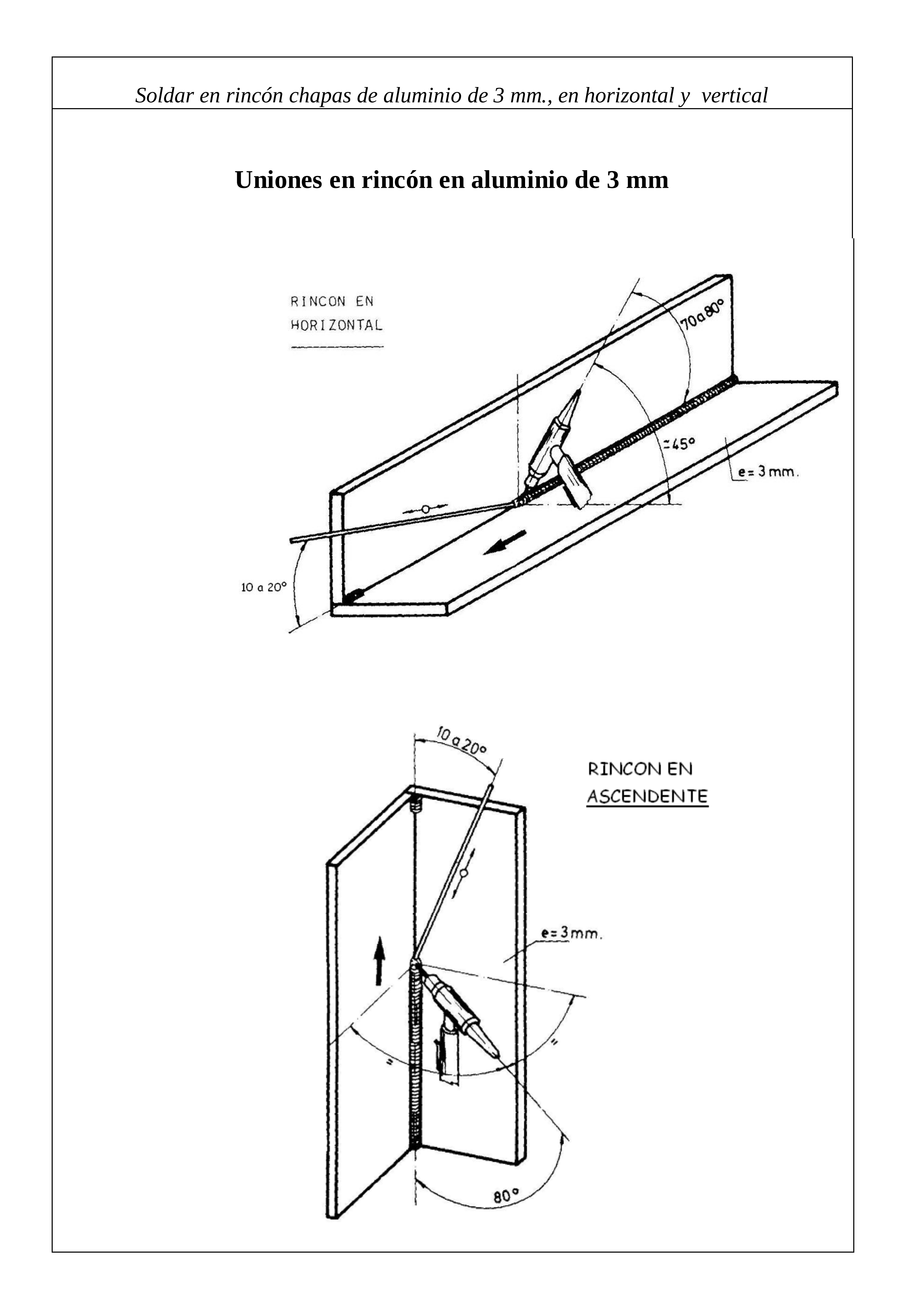
Vertical

Cornisa



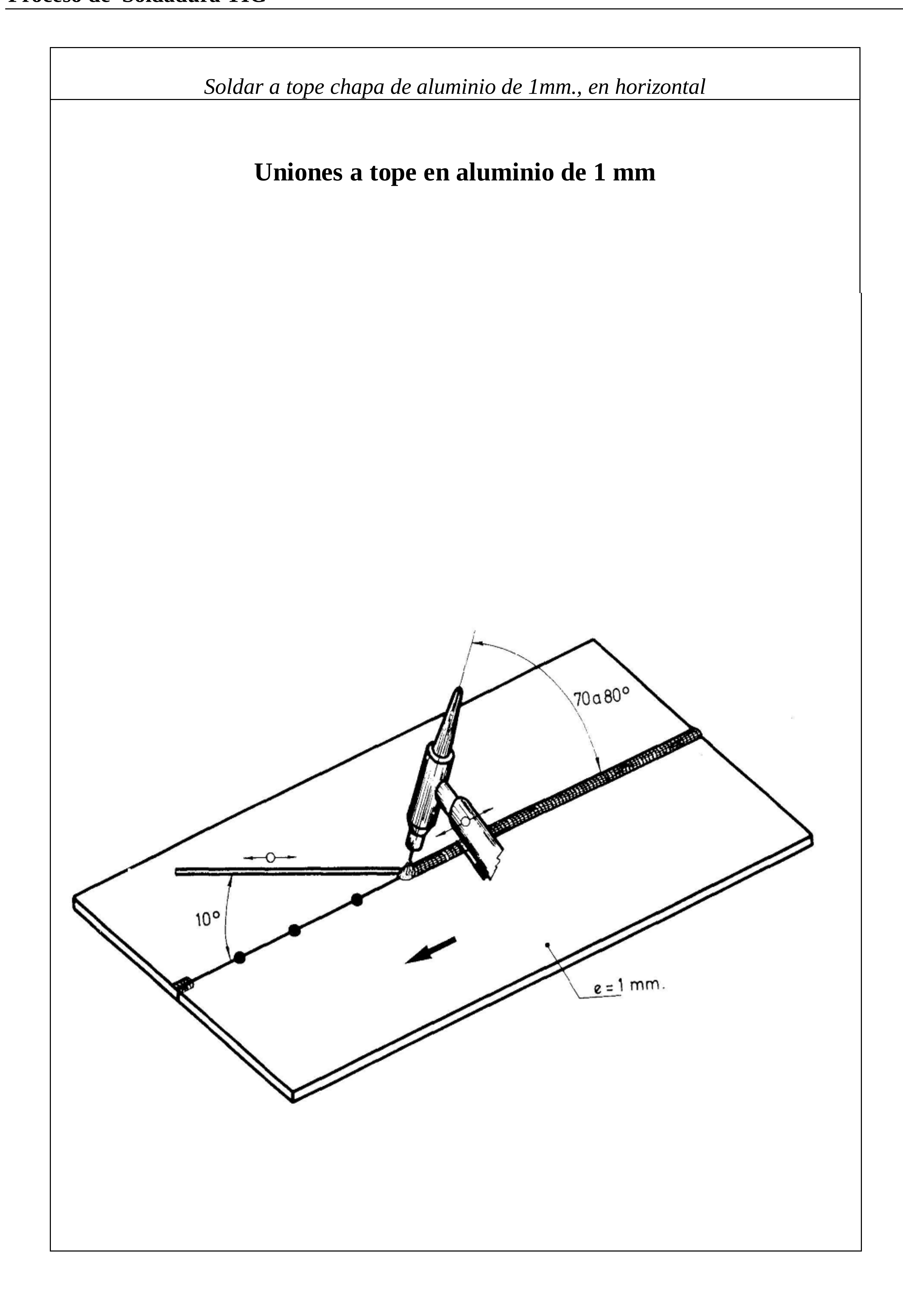
Soldar en rincón chapas de aluminio de 3 mm., en horizontal y vertical

Uniones en rincón en aluminio de 3 mm



Soldar a tope chapa de aluminio de 1mm., en horizontal

Uniones a tope en aluminio de 1 mm



Soldar a tope chapas de cobre de 2 mm., en horizontal

Soldeo TIG del cobre

La soldadura del cobre presenta, en general, tres dificultades concretas:

- Elevada conductividad térmica (cinco veces la del acero).
- Gran fluidez en estado de fusión.
- Alto coeficiente de dilatación.

Para resolver estas dificultades el soldeo del cobre exige, ante todo, procedimientos que consigan una gran concentración del calor, como es el caso del **TIG.**

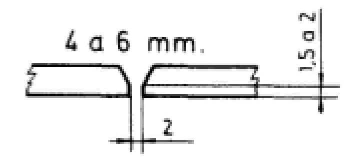
Por otra parte, el soldeo bajo gas inerte evita la acción del oxígeno sobre el cobre en fusión, que reduciría notablemente las características mecánicas de la junta. Por estas razones el TIG, junto con el MIG, son los procedimientos más deseables para obtener soldaduras de alta calidad en piezas de cobre.

No pueden establecerse unas reglas muy concretas, ya que éstas dependerán, en muchos casos, de los elementos que lleve el cobre en aleación, pero sí algunas recomendaciones.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL SOLDEO TIG DEL COBRE

- Utilizar siempre c.c. (salvo en espesores inferiores a 1 mm., o en algunas aleaciones como Cobre-Berilio o Cobre-Aluminio, en que se prefiere c.a.).
- El campo normal de aplicación alcanza hasta 6 mm. de espesor.
- Para espesores menores de 4 mm. el aporte debe ser cobre puro; para espesores mayores debe contener Mn y Si.
- Precisa precalentamiento a partir de 2 mm. (entre *150* y 600^0), aunque también depende del volumen de la pieza a soldar.
- Debe puntearse con talón, para evitar agrietamientos.
- Hay que soldar con arco muy corto y sin balanceos del porta electrodo.
- Es muy importante que el extremo de la varilla no salga de la zona protegida por el argón.
- Es muy recomendable el empleo de soportes, para facilitar la penetración (baño muy fluido).
- Es conveniente, siempre que se haga correctamente, el martilleado en caliente de la costura (evita agrietamientos).
- La preparación de bordes es la normal (ver figura).
- En general, debe procurarse una buena ventilación de la zona de soldeo (especialmente en aleaciones cobre-berilio).





Soldar a tope chapas de cobre de 2 mm., en horizontal

Uniones a tope, en horizontal, en cobre de 2mm

